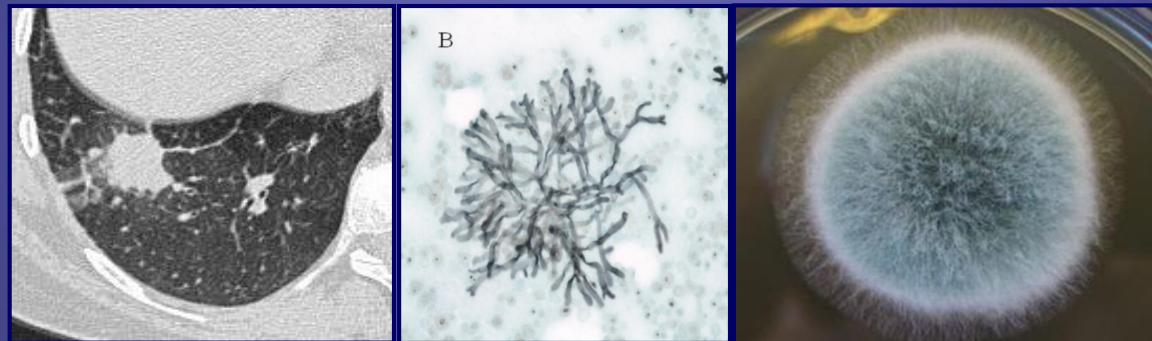


U.E Microbiologie - Pathologies

# Physiopathologie des Infections Fongiques



Pr Florent Morio

Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, CHU Nantes, UR1155 IICiMed, Nantes Université,  
CNR des Mycoses Invasives, Institut Pasteur, Paris

Contact: [florent.morio@univ-nantes.fr](mailto:florent.morio@univ-nantes.fr)

# Plan

---

---

*Relation hôte-pathogène (fungi)*  
*(moyens de défense de l'hôte & facteurs de virulence)*



*Notion de terrain et facteurs favorisants*



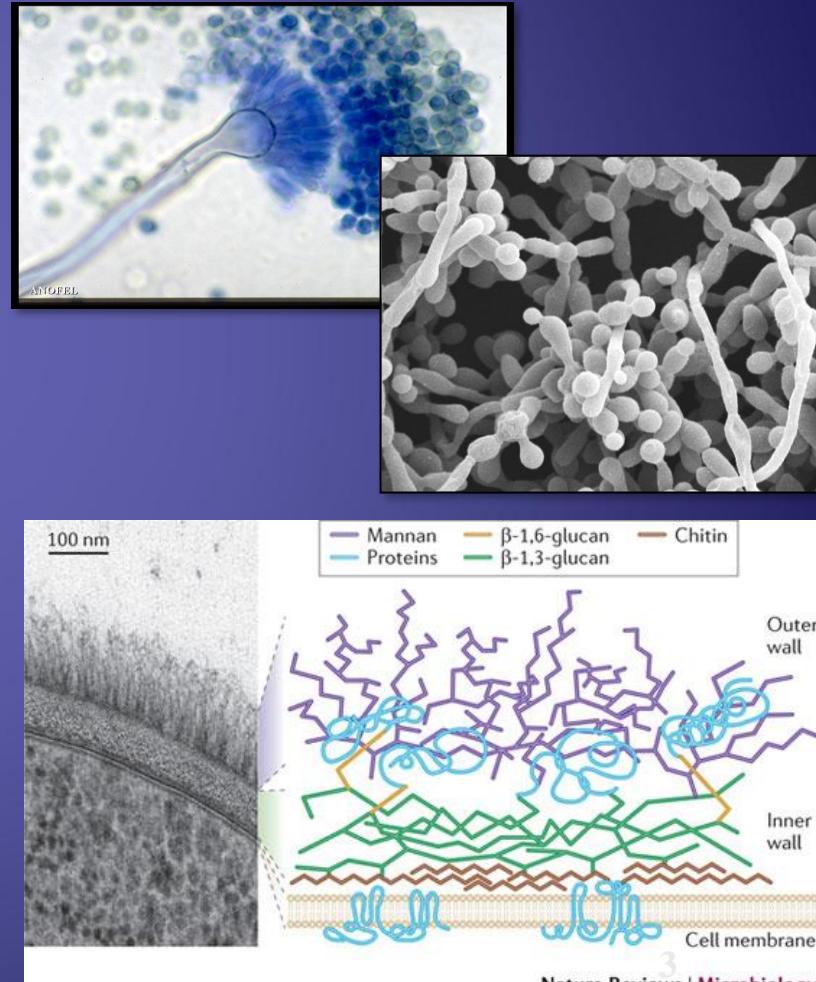
*Manifestations cliniques*

# Caractéristiques des champignons

---

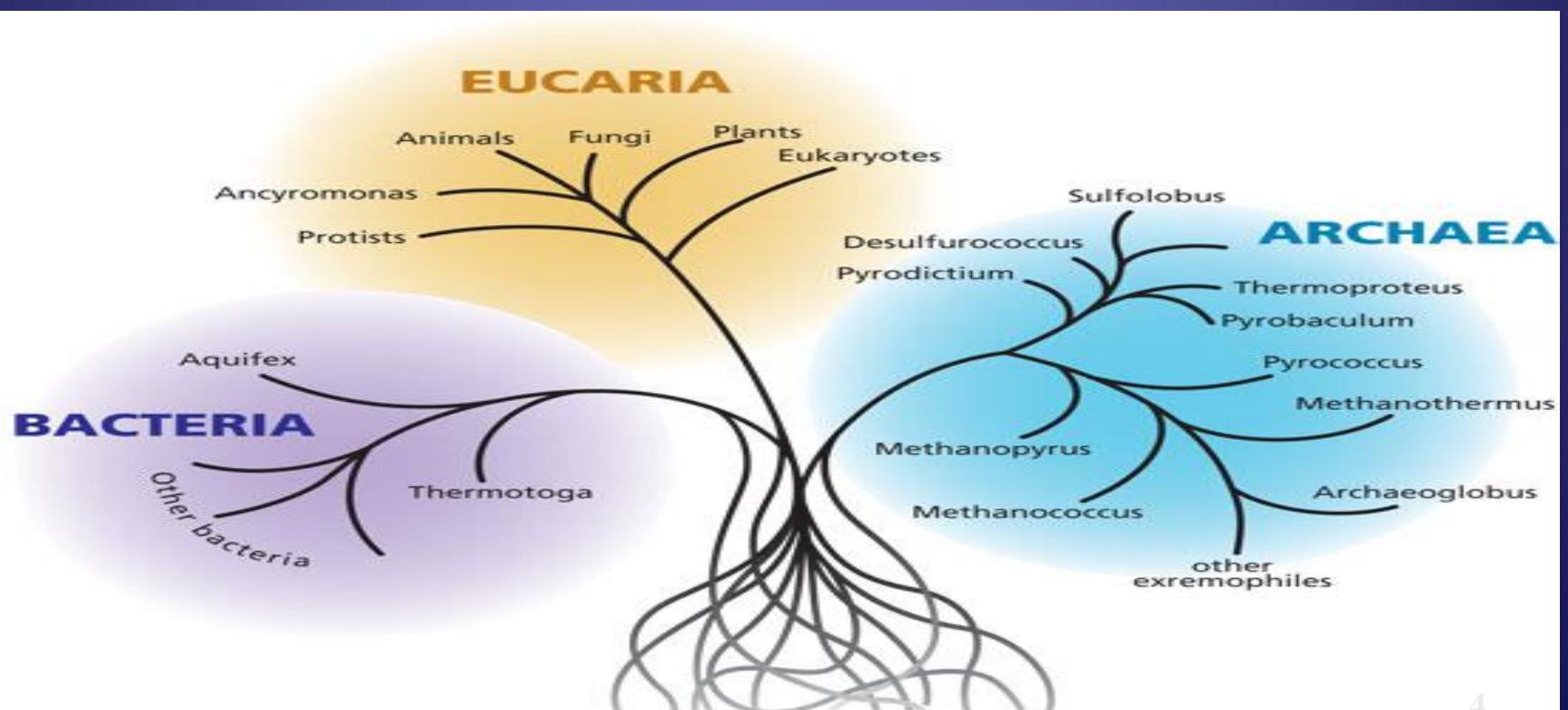
---

- ✓ Forme un règne à part entière
- ✓ Organismes eucaryotes
- ✓ Uni ou pluri-cellulaires
- ✓ Immobiles
- ✓ Absorption (hétérotrophie vis à vis du carbone)
- ✓ Présence d'une paroi cellulaire riche en sucres et chitine



# Introduction

Du point de vue de l'évolution, les champignons constituent un règne à part entière !

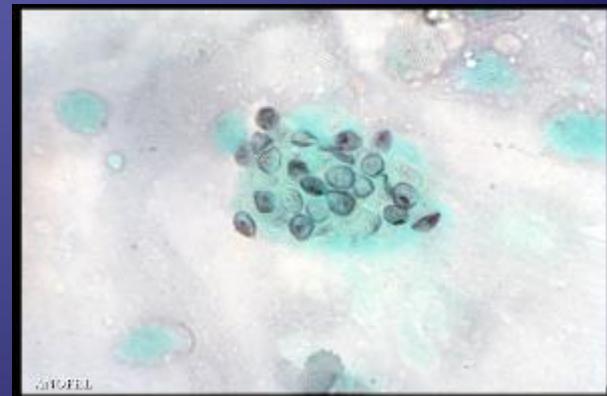


# Règne des fungi...

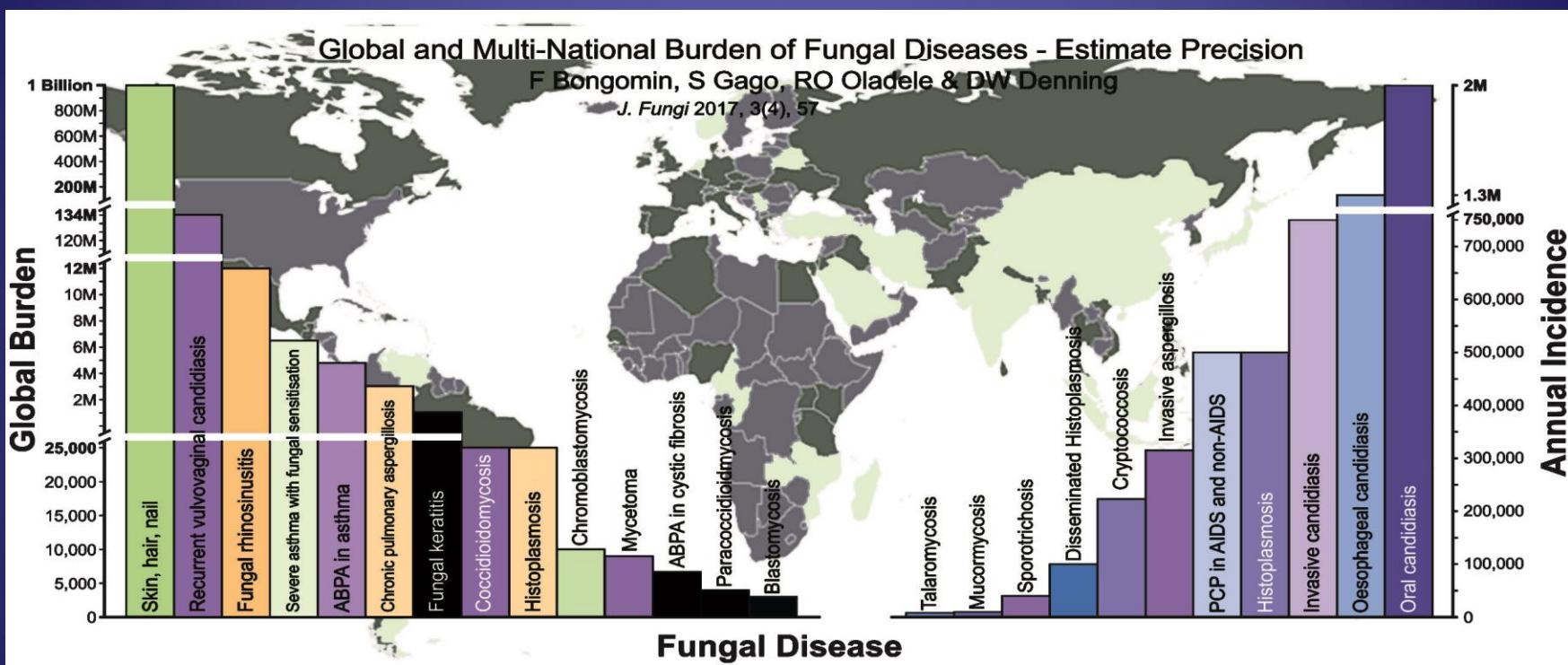
---

---

- Environ 100.000 espèces décrites
- > 1.000.000 espèces suspectées
- Plus de 600 espèces déjà reconnues pathogènes pour l'Homme ou l'animal
- Quelques centaines responsables d'infections fongiques invasives (IFIs)
- 5-10 nouvelles espèces décrites chaque année !
  - ✓ *Augmentation de la population à risque*
  - ✓ *Meilleurs outils mycologiques*

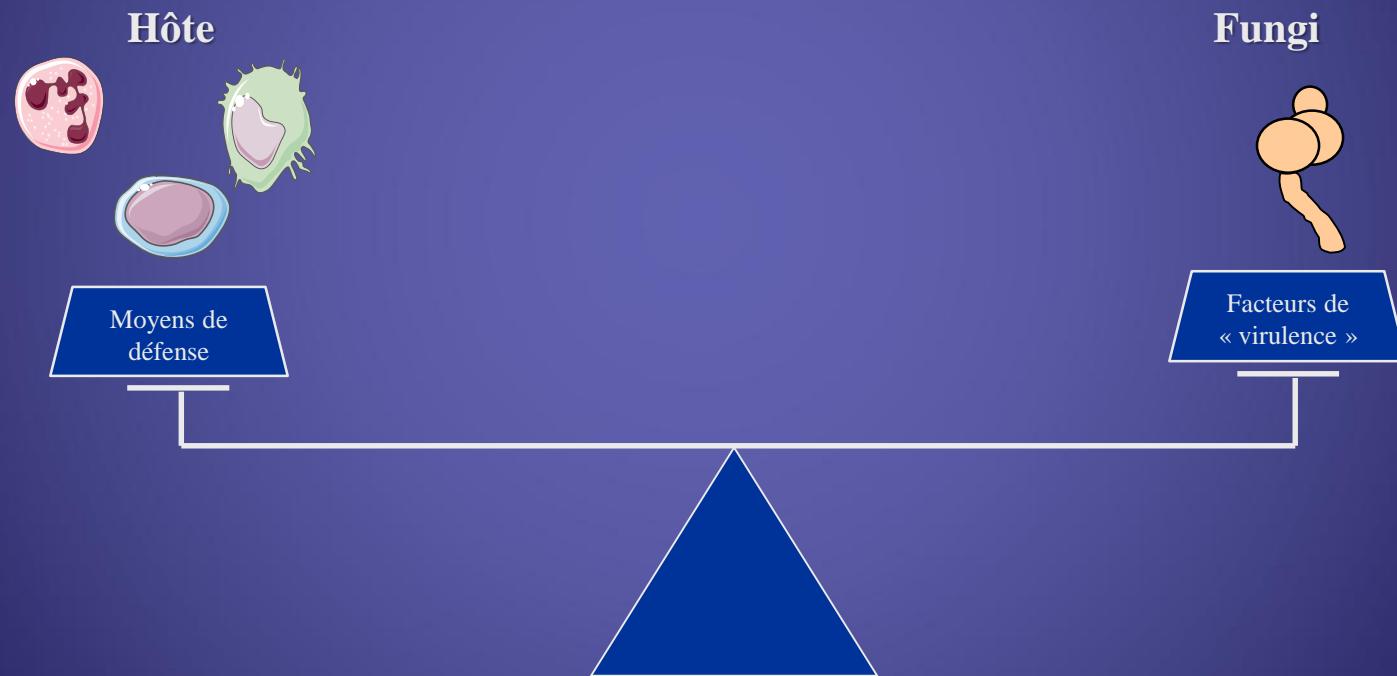


# L'impact des mycoses en Médecine est désormais mieux connu...



Les mycoses sont responsables de **≈4M de décès/an dans le monde**  
(plus que le paludisme et la tuberculose). Sans compter les atteintes superficielles:  
dermatophytoses, candidoses vaginales récidivantes (135 M)...

# *Candida* et *Aspergillus*, deux pathogènes opportunistes !



La survenue d'une infection fongique (superficielle ou invasive) est conditionnée par la présence d'un (ou plusieurs) facteur(s) favorisant(s)

# *Candida* et Candidoses : De la physiopathologie à la clinique

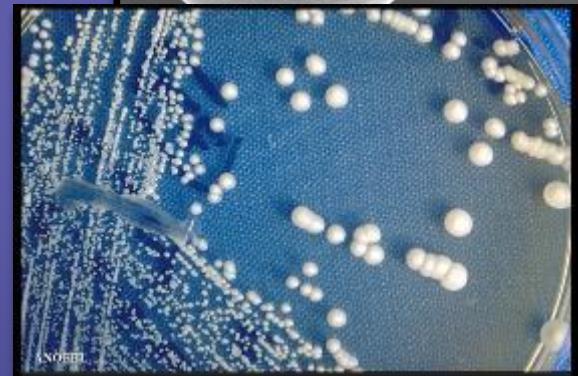
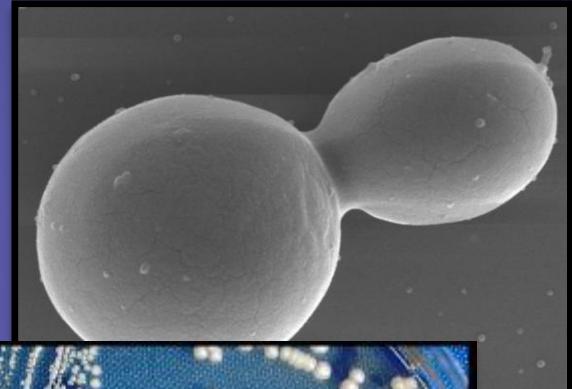
---

---

- ❖ *Notion de colonisation*
- ❖ *Moyens de défense de l'hôte*
- ❖ *Facteurs de virulence*
- ❖ *Stratégies d'échappement*
- ❖ *Clinique*

# *Candida* spp.

- ✓ Levures ascomycètes, ubiquitaires, commensales & saprophytes
- ✓ Multiplication par bourgeonnement (+/- capacité de filamentation pour certaines espèces)
- ✓ Plus de 150 espèces décrites mais genre polyphylétique
  - ✓ Espèce la plus fréquente : *C. albicans*
  - ✓ Autres espèces: *C. parapsilosis*, *C. glabrata* (*Nakaseomyces glabratus*), *C. tropicalis*, *C. krusei* (*Pichia kudriavzevii*)
- ✓ Large spectre de manifestations cliniques
  - ✓ Infections superficielles (bénignes)
  - ✓ Infections profondes/invasives (ex: candidémies)



# Notion de « colonisation »

---

---

- ✓ Définition: présence de levures, en l'absence de symptomatologie clinique
- ✓ En effet, l'isolement d'un *Candida* d'un prélèvement clinique ne témoigne pas forcément d'une infection car plusieurs espèces font partie de la flore fongique normale
  - *Peau et plis (axillaire, aine etc..)*
  - *Muqueuses gastro-intestinales*
  - *Muqueuses génito-urinaires*
  - *Muqueuses respiratoires...*
- ✓ Notion de « tropisme »
  - *C. parapsilosis*: revêtement cutané
  - *C. albicans & C. glabrata* : tube digestif, muqueuse génitale

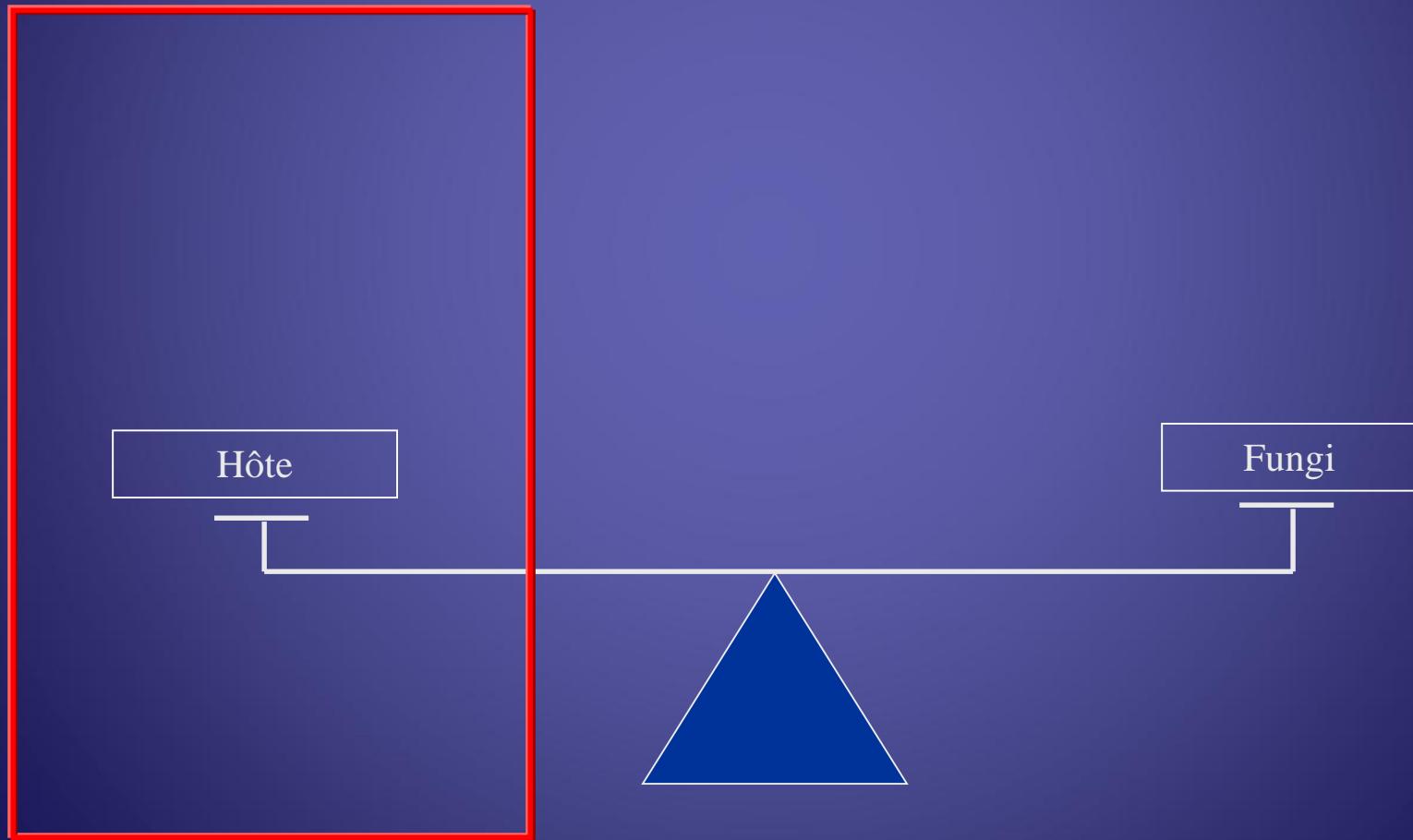
La colonisation est un processus dynamique qui peut conduire, dans certaines situations, à l'infection

certaines situations, à l'infection  
dynamique qui peut conduire à l'infection

# *Candida*, un pathogène opportuniste !

---

---

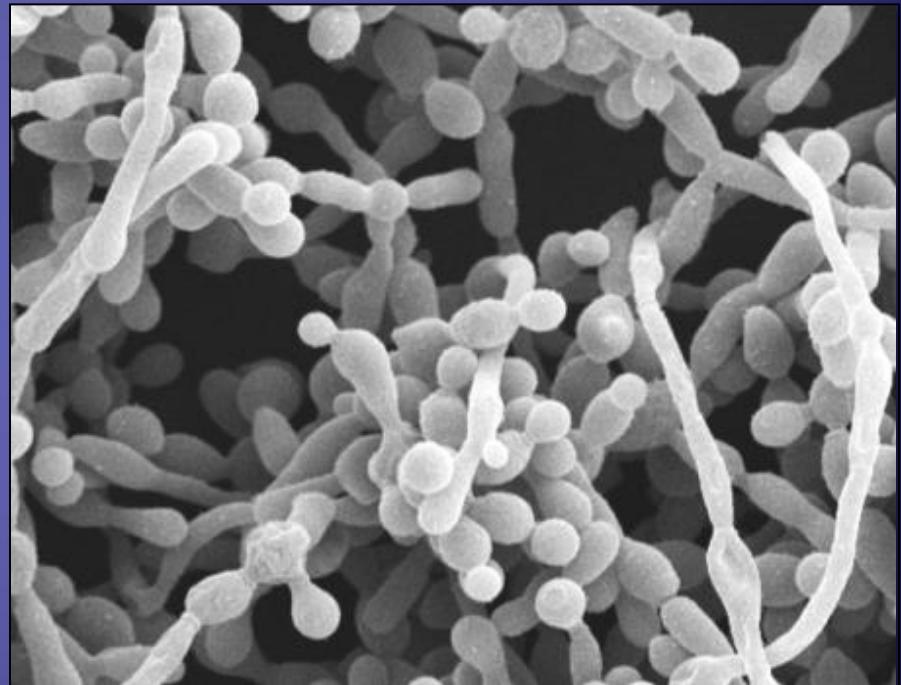


# Moyens de défense de l'hôte contre *Candida*

---

---

- ✓ Barrière muco-cutanée ++
- ✓ Facteurs locaux
  - Flux
    - ✓ *Salive*
    - ✓ *Sécrétions sudorales ...etc*
  - pH
  - Flore bactérienne
  - Peptides antimicrobiens
    - ✓ *B-defensine*
    - ✓ *Lysozyme*
    - ✓ *Lactoferrine*
    - ✓ *Calprotectine ...*



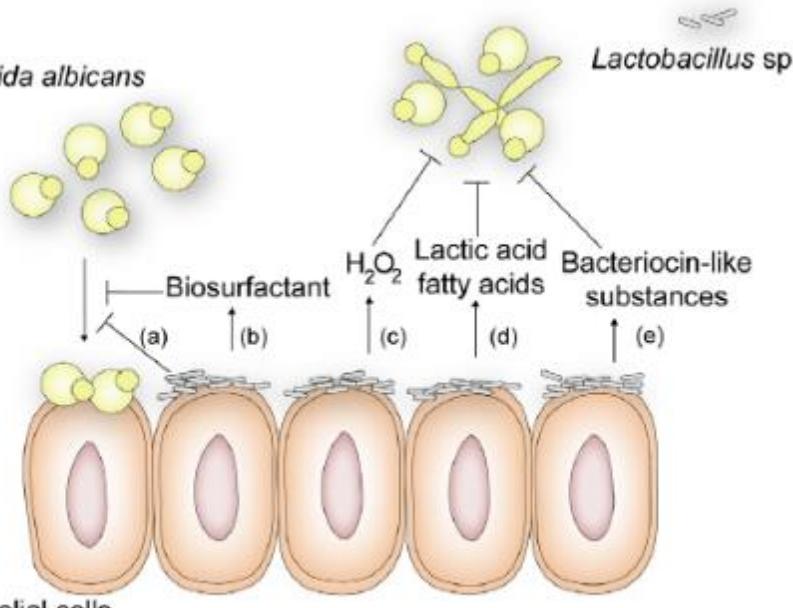
Les mécanismes de défense de l'hôte varient donc selon la localisation anatomique

# Rôle complexe de la flore bactérienne....

Rôle « protecteur »

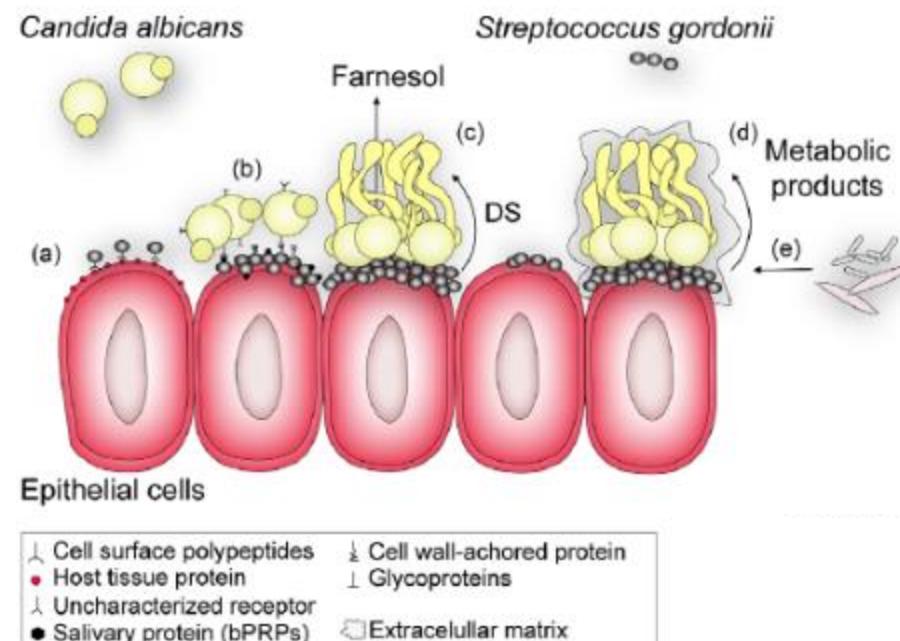
B

*Candida albicans*



Rôle « facilitateur »

*Candida albicans*



Muqueuse vaginale

Muqueuse buccale

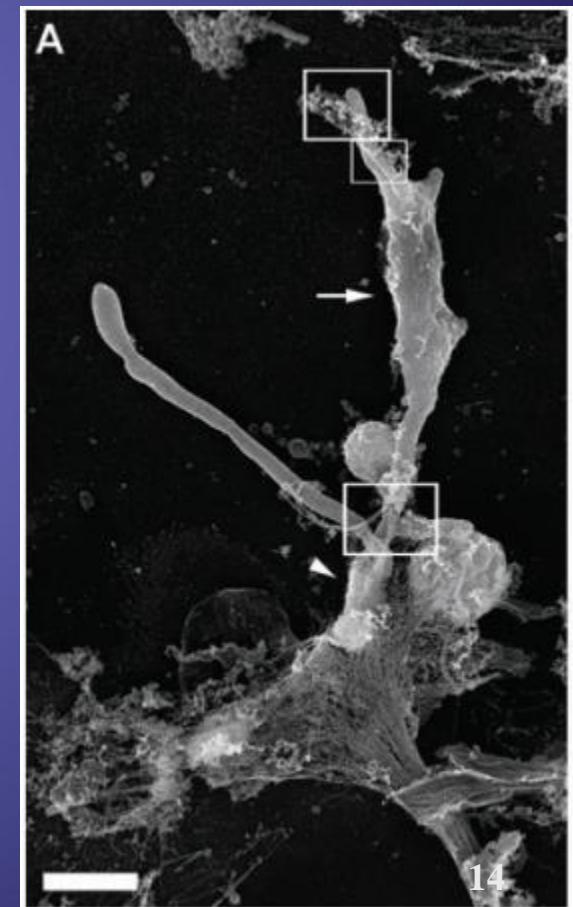
# Moyens de défense de l'hôte contre *Candida*

---

---

## ✓ Réponse immunitaire innée

- Monocytes/macrophages
- Polynucléaires neutrophiles
- Lymphocytes, cellules dendritiques...



# Moyens de défense de l'hôte contre *Candida*

---

---



Comment s'effectue la reconnaissance  
des *Candida* spp. par notre système  
immunitaire innée ?

# Reconnaissance des *Candida* par le système immunitaire : PAMPs et PRRs

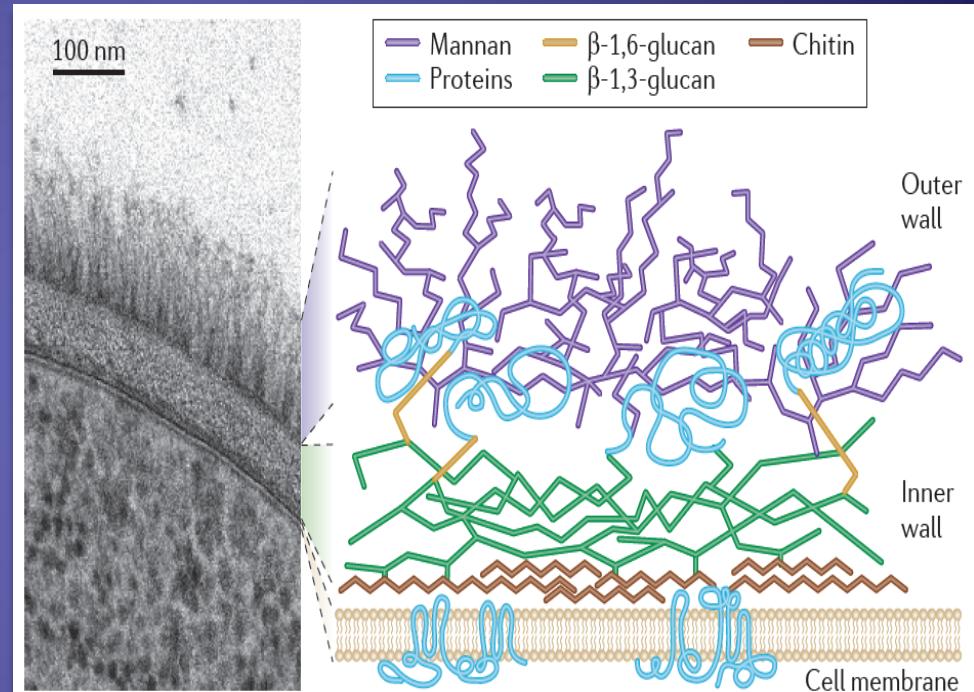
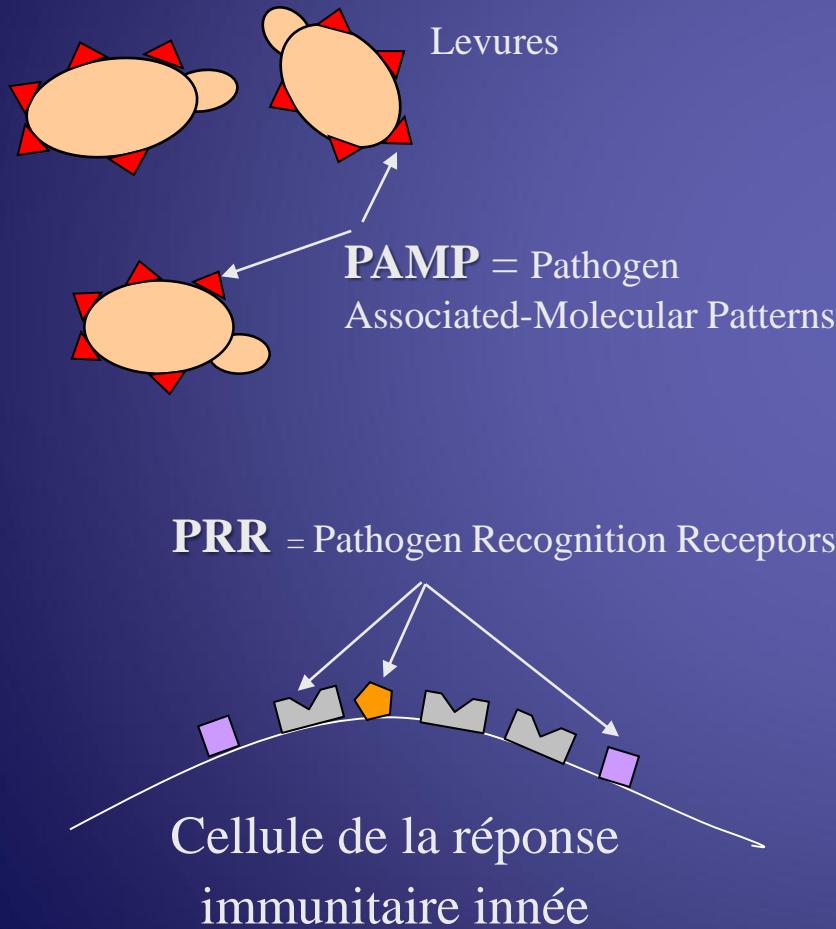
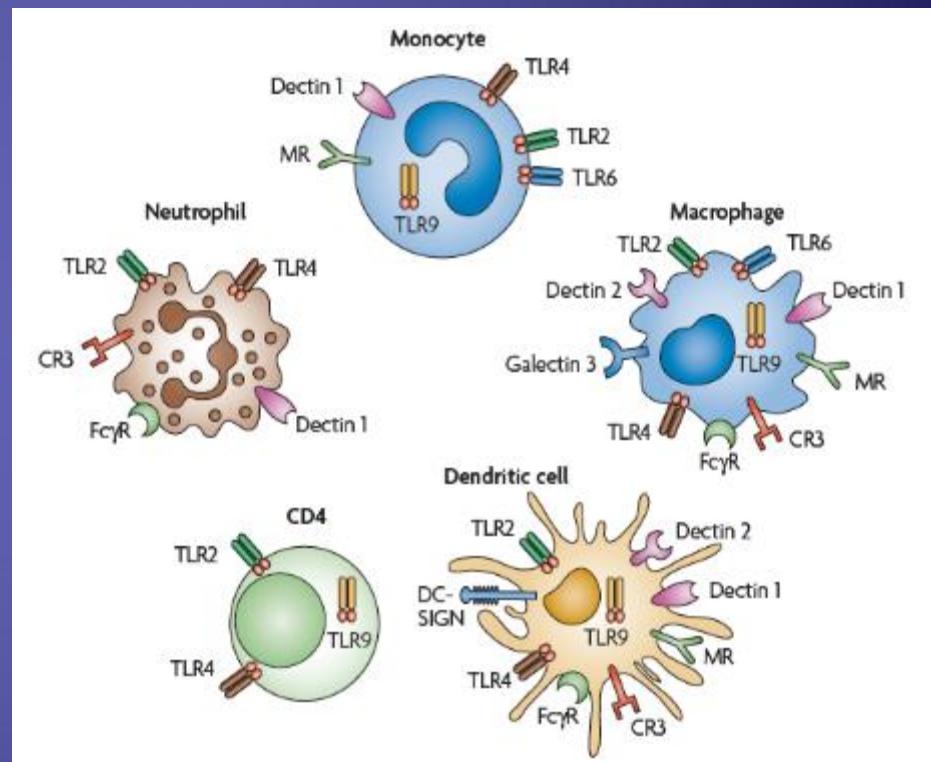


Figure 2 | Structure of the *Candida albicans* cell wall. Two layers can be distinguished in the *Candida albicans* cell wall. The outer layer is highly enriched with O- and N-linked mannose polymers (mannans) that are covalently associated with proteins to form glycoproteins, whereas the inner layer contains the skeletal polysaccharides chitin and  $\beta$ -1,3-glucan, which confer strength and cell shape. The outer cell wall proteins are attached to this inner wall framework predominantly by glycosylphosphatidylinositol (GPI) remnants that are linked to the skeleton through a more flexible  $\beta$ -1,6-glucan.

# PAMPs et PRRs : diversité et spécificités

Receptors (PRRs)	Candida PAMP
Toll-like receptors	
TLR2	Phospholipomannan
TLR4	Mannan ←
	O-Linked mannosil residues
TLR9	CpG-oligodeoxynucleotides
C-type lectin receptors	
Mannose receptor	Mannan ←
	N-Linked mannosil residues
Dectin-1	β-1,3-Glucan ←
Dectin-2	High-mannose structures (Man <sub>9</sub> GlcNAc <sub>2</sub> )
DC-SIGN	High-mannose structures
Mincle	Unknown
Galectin-3	β-1,2-Mannosides
SCARF1/CD36	β-1,3-Glucan
NLRs	
NLRP3	Unknown

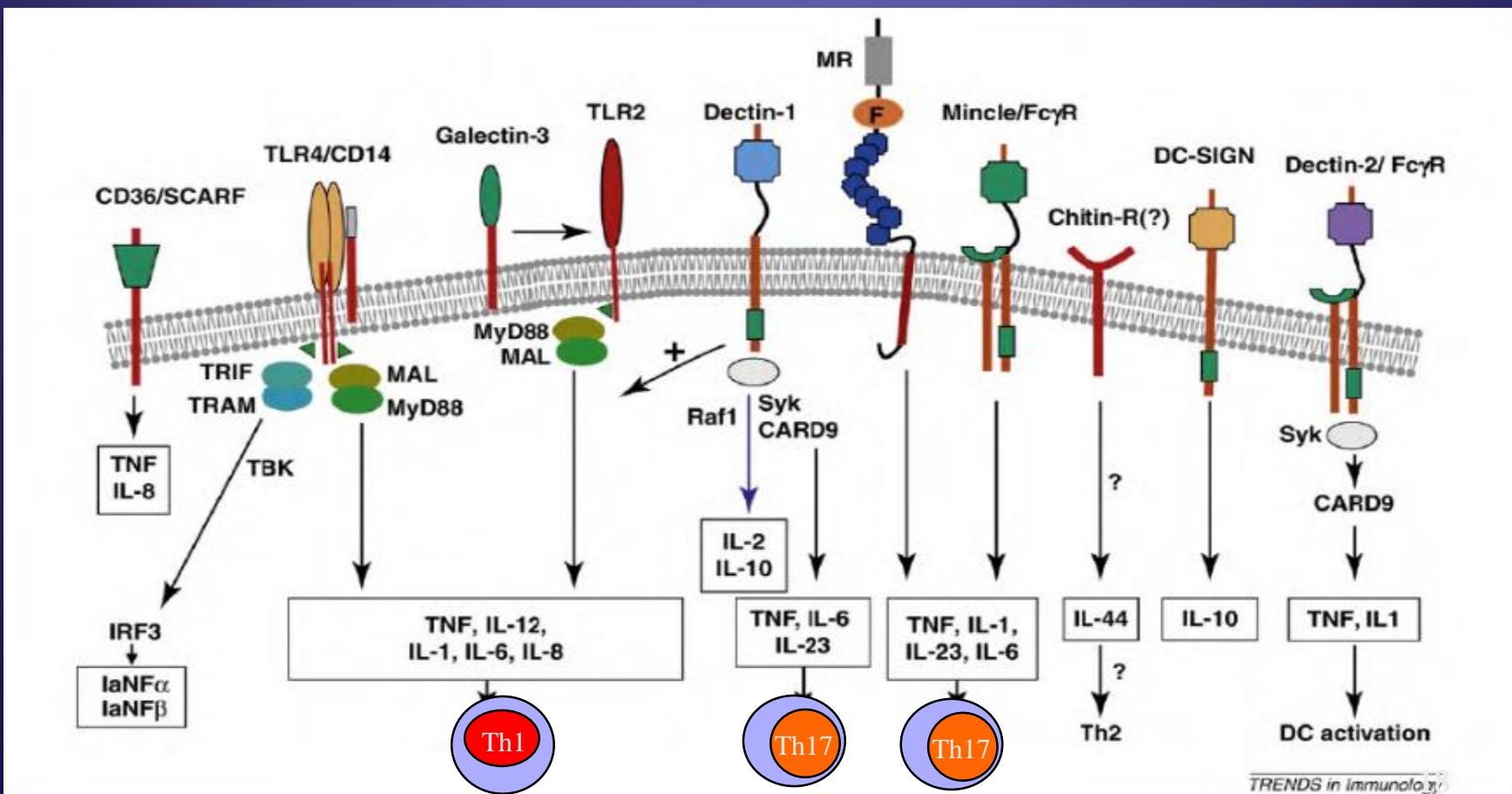
**Spécificité** des récepteurs pour les différents PAMPs. Note: plusieurs PRRs peuvent reconnaître un même PAM



Un même type cellulaire porte plusieurs PRRs assurant la reconnaissance des *Candida*

# Reconnaissance des *Candida* par le système immunitaire : PAMPs et PRRs

La nature du récepteur PRR influe le type de réponse cellulaire (différentes voies de signalisation)



TRENDS in Immunology

# Déficit immunitaire innée et Candidoses



The NEW ENGLAND  
JOURNAL of MEDICINE

BRIEF REPORT

## Human Dectin-1 Deficiency and Mucocutaneous Fungal Infections

Bart Ferwerda, Ph.D., Gerben Ferwerda, Ph.D., M.D., Theo S. Plantinga, M.S.,  
Janet A. Willment, Ph.D., Annemiek B. van Spriel, Ph.D., Hanka Venselaar, M.S.  
Clara C. Elbers, Ph.D., Melissa D. Johnson, Ph.D., M.D.,  
Alessandra Cambi, Ph.D., Cristal Huysamen, Ph.D., Liesbeth Jacobs, B.S.  
Trees Jansen, B.S., Karlijn Verheijen, B.S., Laury Masthoff, M.D.,  
Servaas A. Morré, Ph.D., Gert Vriend, Ph.D., David L. Williams, Ph.D., M.D.  
John R. Perfect, Ph.D., M.D., Leo A.B. Joosten, Ph.D., Cisca Wijmenga, Ph.D.,  
Jos W.M. van der Meer, Ph.D., M.D., Gosse J. Adema, Ph.D.,  
Gordon D. Brown, Ph.D., M.D., Mihai G. Netea, Ph.D., M.D.



Des anomalies du système de reconnaissance innée sont à l'origine de forme récidivantes et sévères d'infections fongiques (exemple de la Candidose muco-cutanée chronique)

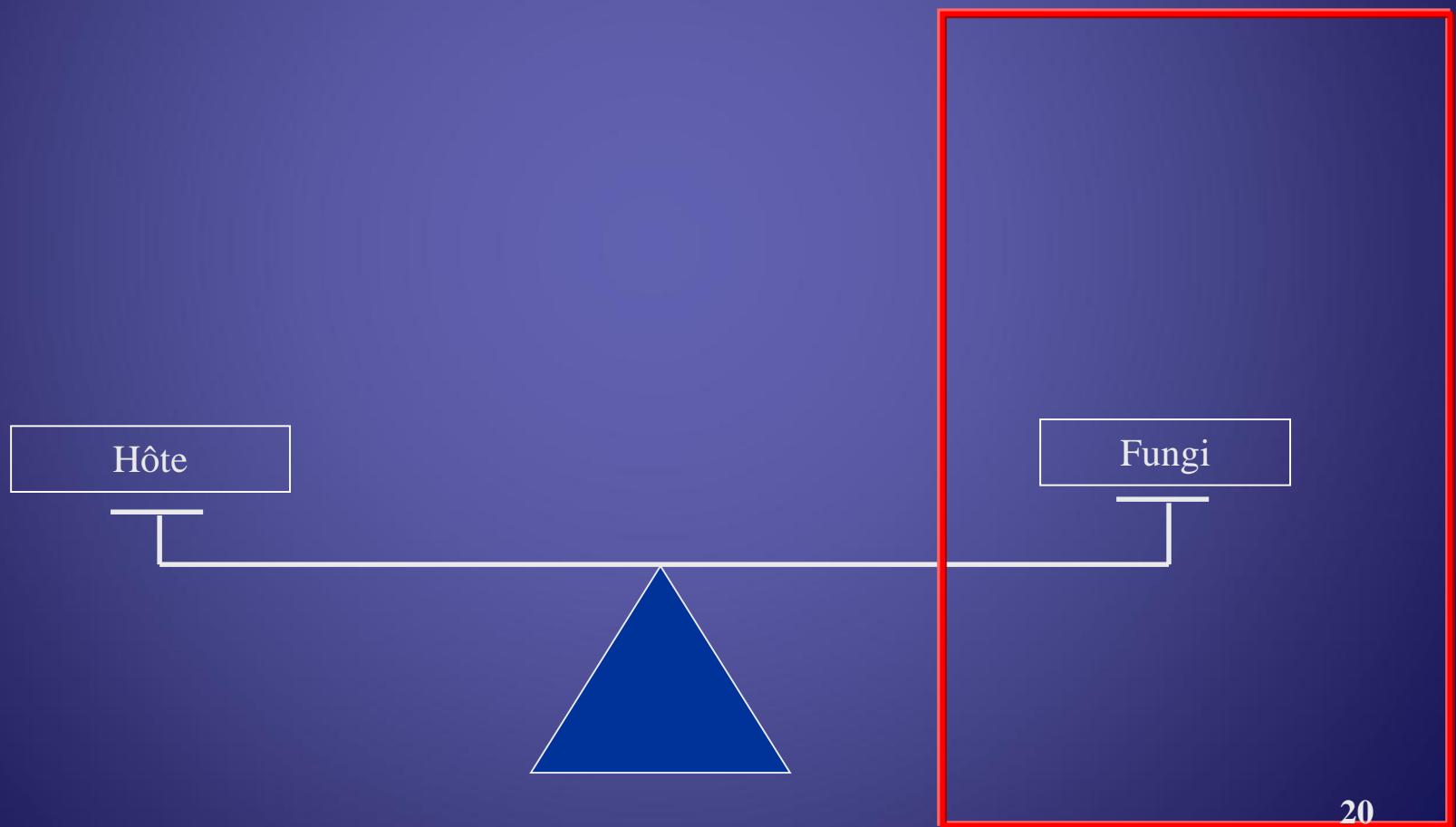
## Clinical Infectious Diseases

### Early Stop Polymorphism in Human DECTIN-1 Is Associated with Increased *Candida* Colonization in Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients

Theo S. Plantinga,<sup>1,5,a</sup> Walter J. F. M. van der Velden,<sup>2,a</sup> Bart Ferwerda,<sup>1,5</sup> Annemiek B. van Spriel,<sup>3</sup> Gosse Adema,<sup>3</sup> Ton Feuth,<sup>4</sup> J. Peter Donnelly,<sup>2,5</sup> Gordon D. Brown,<sup>6</sup> Bart-Jan Kullberg,<sup>1,5</sup> Nicole M. A. Blijlevens,<sup>2,5</sup> and Mihai G. Netea<sup>1,5</sup>

Departments of <sup>1</sup>Medicine, <sup>2</sup>Haematology, <sup>3</sup>Tumor Immunology, <sup>4</sup>Epidemiology, Biostatistics and Health Technology Assessment, and <sup>5</sup>Nijmegen Institute for Infection, Inflammation and Immunity (Nii4), Radboud University Nijmegen Medical Centre, Nijmegen, the Netherlands; and <sup>a</sup>Institute of Infectious Disease and Molecular Medicine, University of Cape Town, Cape Town, South Africa

# *Candida*, un pathogène opportuniste !



# Facteurs de virulence des *Candida* spp.

## ✓ « Dimorphisme »

- Transition forme levure ⇔ filamenteuse
- Existe chez la plupart des espèces de *Candida* (sauf *C. glabrata*)
- Influencé par les conditions environnementales (privation, présence de sérum, pH, T° C, CO<sub>2</sub>....etc)
  - pH <6: prolifération sous forme levures
  - pH >7 : induction de la forme filamenteuse
- Influencé par la densité cellulaire (« quorum sensing »)
- Rôle dans la pathogénicité
  - Invasion: filaments > levure
  - Dissémination: levure > filaments

Examen direct d'un prélèvement respiratoire (coloration de Gomori-Grocott, collection personnelle)



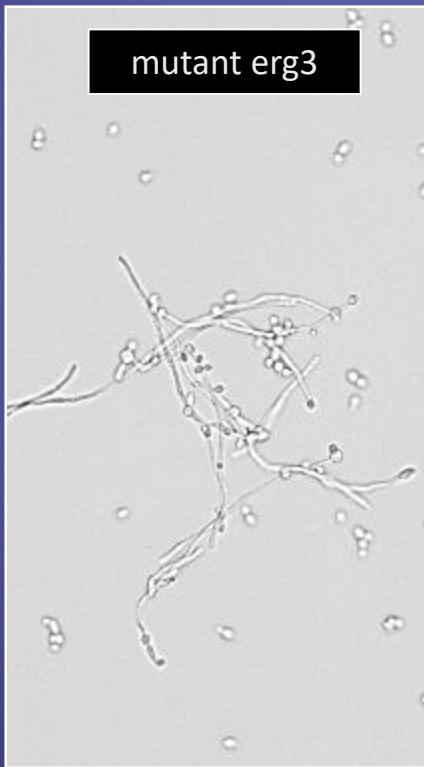
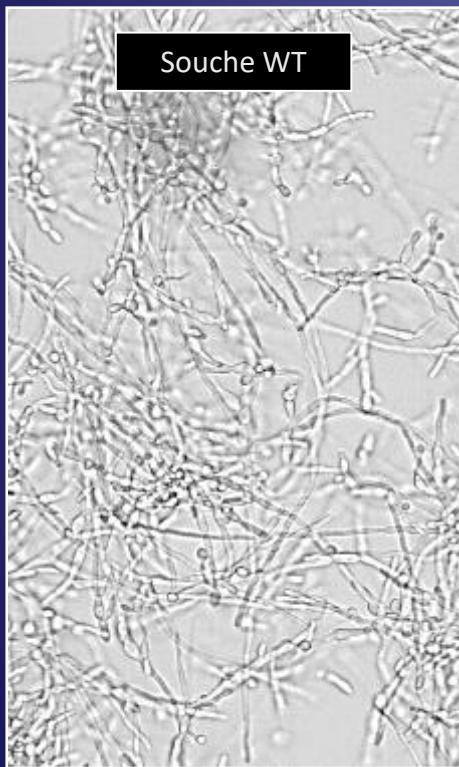
# La filamentation comme facteur de virulence des *Candida* spp.



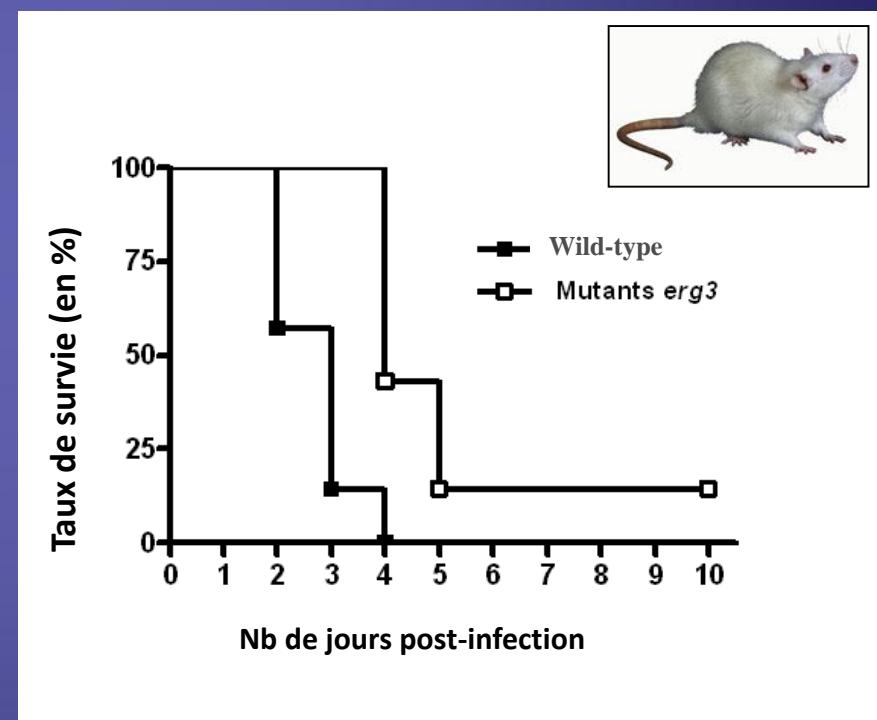
*Candida albicans*: test de filamentation *in vitro* (37° C, Sérum de veau fœtal)

# Lien entre filamentation et virulence : exemple des mutants *erg3*

Capacité de filamentation (RPMI+10% SVF 37° C, 16h)



Virulence en modèle de candidose invasive  
(Souris Swiss ID)



Virulence *in vivo* atténuée du mutant *erg3* vs WT ( $p<0.05$ )

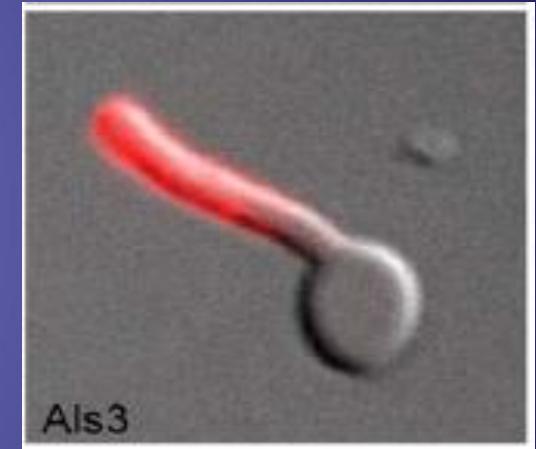
# Facteurs de virulence des *Candida* spp. (suite)

---

---

## ✓ Capacités d'adhérence

- Adhésines ALS (Agglutinin-Like Sequence)
  - Exemple: Als3 chez *C. albicans*
  - Fibronectine, laminine, collagene, fibrinogene, *S. gordonii*...
- Autres protéines : Hwp1, Int1, Mnt1 etc..
- Hwp1 et Als3 sont associées aux filaments

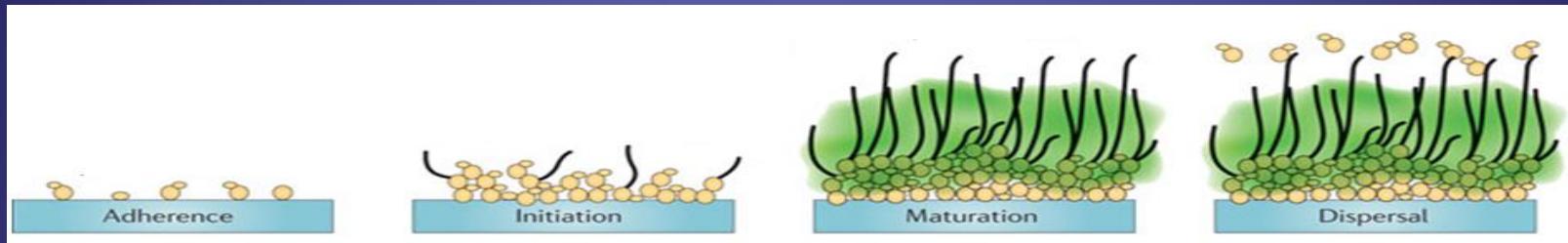


## ✓ Sécrétion d'enzymes hydrolytiques

- Protéases : Sap (Secreted Aspartyl Protease) 10 chez *C. albicans* dont **Sap1-3**
- Phospholipases: 4 classes chez *C. albicans*
- Lipases: 10 chez *C. albicans*

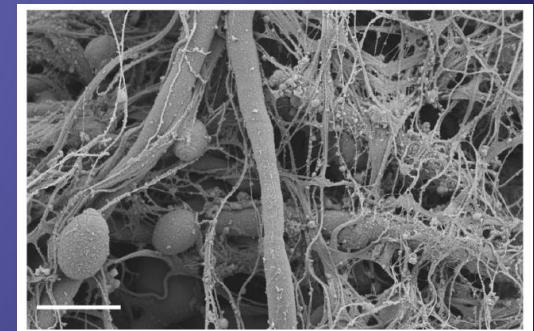
Immunomarquage  
(Ac Anti-Als3)

# Facteurs de virulence des *Candida* spp. (suite)



## ✓ Formation de biofilm

- Sur dispositifs médicaux et/ou muqueuses
- Varie selon:
  - ✓ Espèces/souches (*C. albicans* > *C. parapsilosis*)
  - ✓ Nature de la surface (latex > PVC > PU > silicone)
  - ✓ Existence d'un flux
  - ✓ Flore microbienne résidente
- Réduit l'efficacité des antifongiques (azolés ++)
  - ✓ Matrice extracellulaire limite la pénétration des ATFs
  - ✓ Surexpression des pompes d'efflux...



Nett et al., Pathogens 2016

# Candidalysine: un autre facteur de virulence récemment identifié

- ✓ 1<sup>ère</sup> toxine décrite chez *C. albicans* : rôle crucial pour l'invasion des muqueuses
- ✓ Exotoxine peptidique de 31 aa, amphiphile, à structure hélicoïdale, sécrétée dans le milieu extracellulaire
- ✓ Activité cytolytique => formation de pores => fuite LDH et influx de Ca++
- ✓ Rôle clef dans le dommage cellulaire => activation cellulaire, le recrutement PNN et la réponse Th17
- ✓ Présente aussi chez d'autres espèces de *Candida* (*C. tropicalis*, *C. dubliniensis*..)

**nature**

Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with us ▾ Subscribe

[nature](#) > [articles](#) > [article](#)

Published: 30 March 2016

## Candidalysin is a fungal peptide toxin critical for mucosal infection

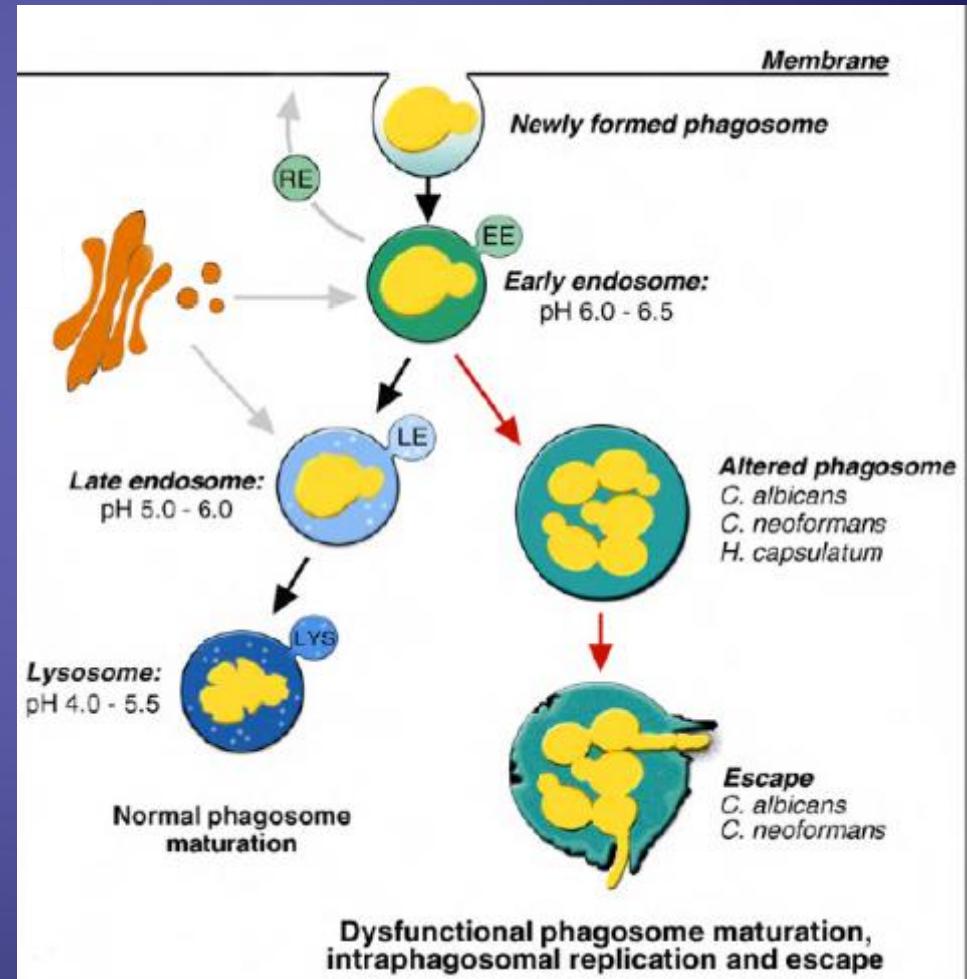
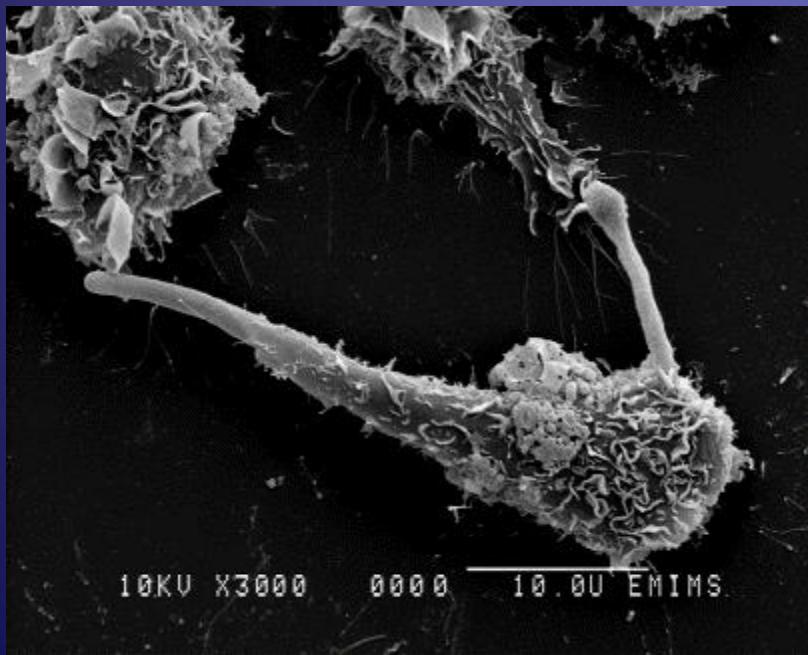
David L. Moyes, Duncan Wilson, ... Julian R. Naglik [+ Show authors](#)

[Nature](#) 532, 64–68 (2016) | [Cite this article](#)

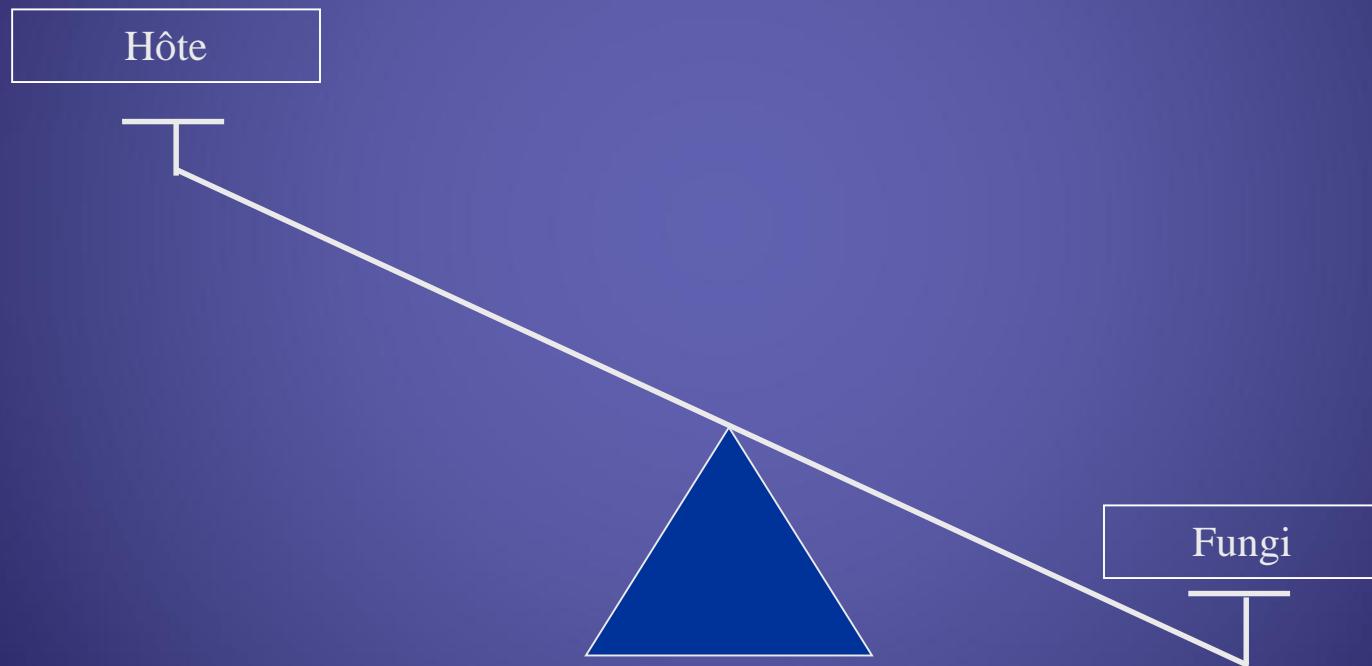
Invasion pocket

# Et des mécanismes d'échappement...

La persistance de *Candida albicans* dans les vésicules phagolysosomales est un stratégie d'échappement au système immunitaire



# *Candida*, un pathogène opportuniste !



Remarque: L'origine du déséquilibre peut parfois être liée à une anomalie génétique du système de reconnaissance innée

# Candidoses : de l'invasion à la clinique !

---

---

## Candidoses « profondes/invasives »

Candidoses  
« hépatospléniques »

Candidémies

Candidoses secondaires  
(endocardites, SNC, ostéoarticulaires etc..)

## Candidoses superficielles

Cutanées et unguétales

Candidoses unguétales (onyxis)

Candidoses cutanées (intertrigo)

Candidose cutanéo-muqueuse chronique

Muqueuses

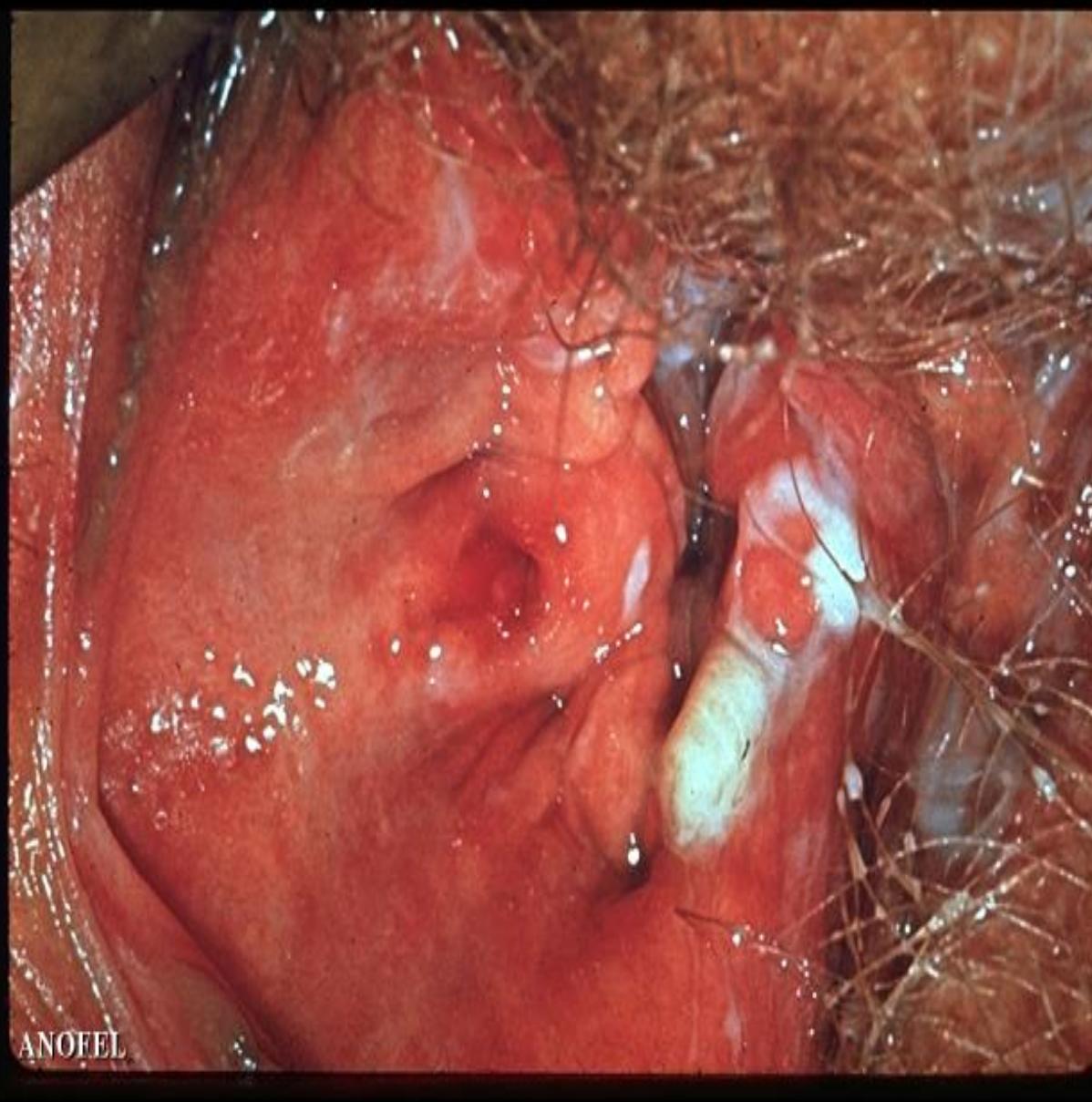
Candidoses oropharyngées

Candidoses oesophagiennes

Candidoses génitales

Candidoses gastro-intestinales

## Atteintes des muqueuses génitales (fréquence +++)

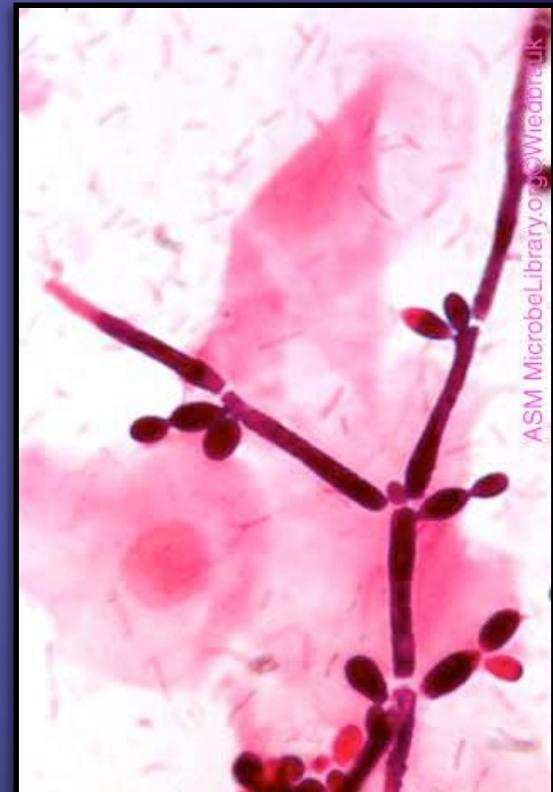


# Candidoses vulvo-vaginales

---

---

- ✓ Le plus souvent due à *C. albicans* (80%)
  - ✓ Impact important
    - 75 % des femmes pdt leur vie (20-40 ans ++)
    - 5-10% de formes récidivantes ( $\geq 4$  / an)
  - ✓ Problème des formes récidivantes ++
    - Qualité de vie
    - Traitements antifongiques à répétition
      - Sélection d'espèces naturellement moins sensibles
      - Emergence de résistance acquise
- => Aspect médico-économique



# Candidoses vulvo-vaginales

---

---

## ✓ Signes cliniques

- Muqueuse érythémateuse, inflammatoire, leucorrhées blanchâtres « caillebottées »
- Prurit vulvaire, sensations de brûlures +/- associées à dysurie, dyspareunies

## ✓ Facteurs favorisants (multifactoriel)

- Oestrogènes (hormonodépendance)
  - ✓ Grossesse
  - ✓ Contraceptifs oraux
- Diabète
- Antibiotiques à large spectre
- Contraception mécanique
- Autres : hygiène vestimentaire, hygiène intime, HIV, facteurs génétiques...

Existence de formes  
idiopathiques...

...aujourd'hui

## Atteintes des muqueuses



## Atteintes de la peau: l'intertrigo candidosique (fréquence +++)



ANOFEL



ANOFEL



Source: [www.anofel.fr](http://www.anofel.fr)

# Spectre clinique des Candidoses

---

---

## Candidoses « profondes »

Candidoses hépatospléniques

Candidémies

Candidoses secondaires  
(endocardites, SNC, ostéoarticulaires etc..)

## Candidoses superficielles

Cutanées et unguéales

Candidoses unguéales (onyxis)

Candidoses cutanées (intertrigo)

Candidose cutanéo-muqueuse chronique

Muqueuses

Candidoses oropharyngées

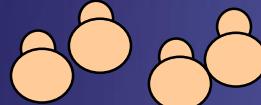
Candidoses oesophagiennes

Candidoses génitales

Candidoses gastro-intestinales

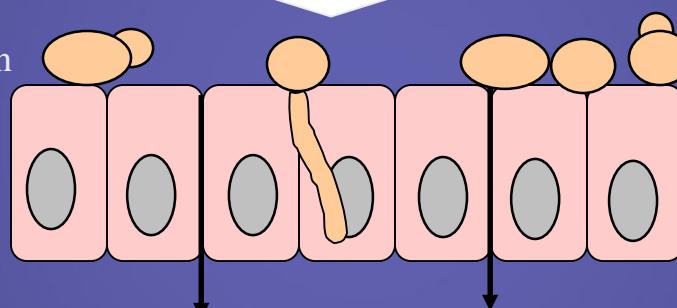
# De la colonisation à l'infection...

Origine endogène  
(translocation digestive)

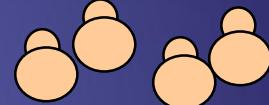


Colonisation  
↓

Adhésion

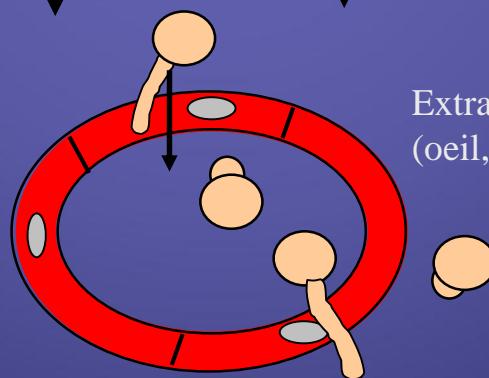


Origine exogène  
(KT)



Invasion

Extravasation puis dissémination  
(oeil, peau, rein, foie, SNC..)



**Message n° 1:** La contamination est le plus souvent d'origine endogène (=translocation digestive)  
(=infection endogénique)

**Message n° 2:** Rarement en cause mais colonisation souvent secondaire et rôle d'entretien de l'infection

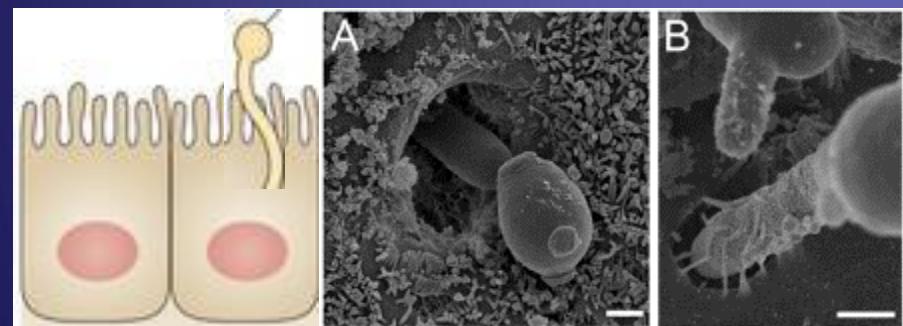
infection

# Le processus d'invasion des *Candida*

---

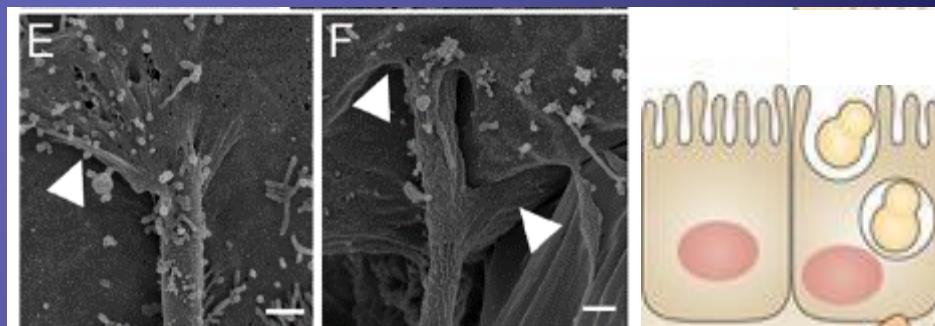
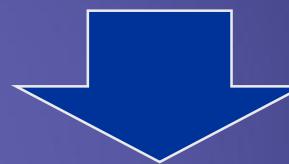
---

## Deux voies distinctes



### Pénétration active

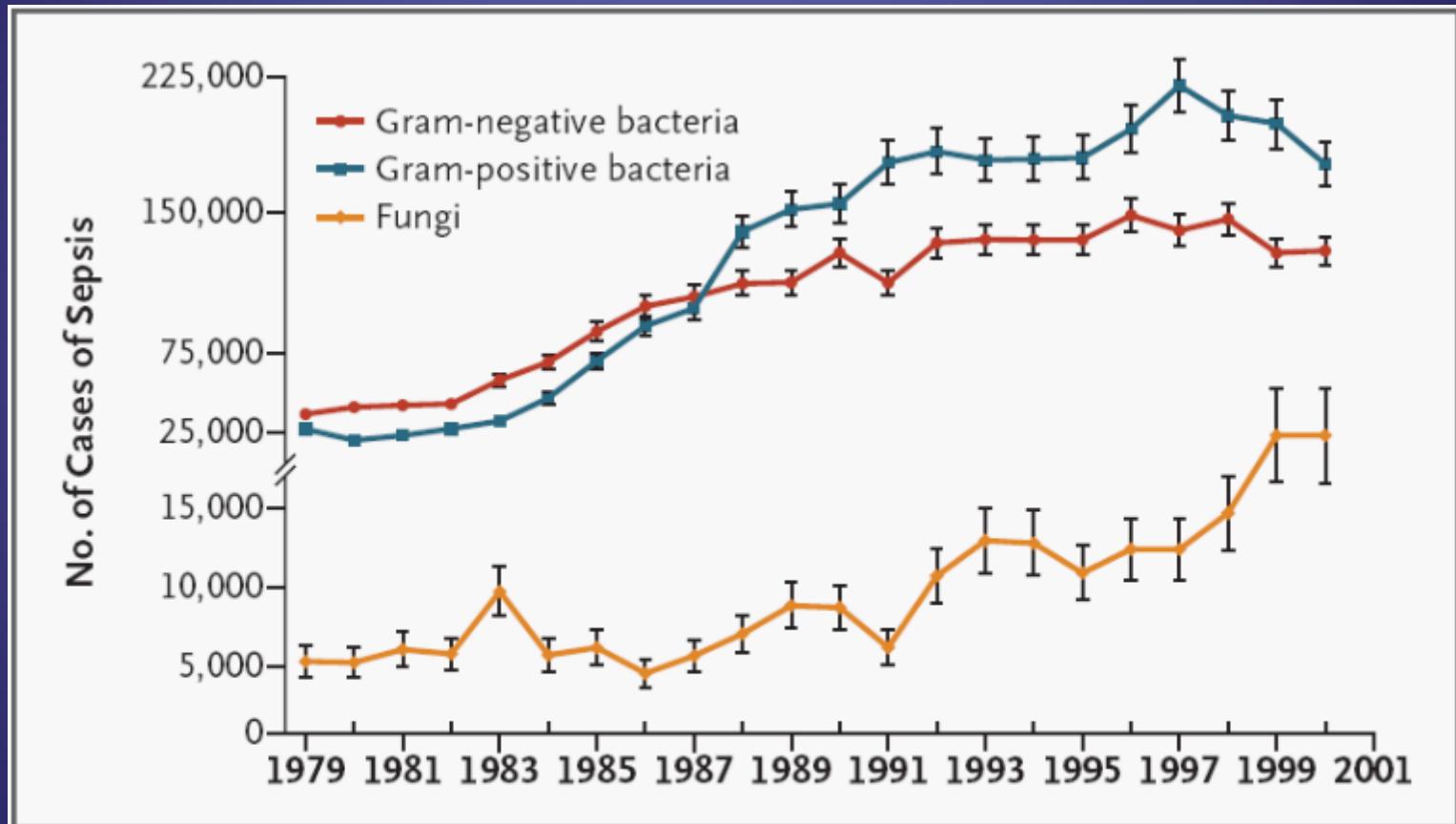
Via la force mécanique des filaments et participation des protéases Sap.  
Dans la cellule ou au niveau des jonctions cellulaires



### Endocytose induite

Expression d'adhésine (Als3, Ssa1), ligands pour des récepteurs des cellules endothéliales ou épithéliales (E- et N-Cadhérines)

# Incidence faible des candidémies vs bactériémies..



**Figure 3. Numbers of Cases of Sepsis in the United States, According to the Causative Organism, 1979–2000.**

# ..mais impact médico-économique majeur !!

## The Epidemiology and Attributable Outcomes of Candidemia in Adults and Children Hospitalized in the United States: A Propensity Analysis

MAJOR ARTICLE

Mortalité globale  
30-40% à M3

Theoklis E. Zaoutis,<sup>1,2,5</sup> Jesse Argon,<sup>1</sup> Jaclyn Chu,<sup>1,2</sup> Jesse A. Berlin,<sup>4,\*</sup> Thomas J. Walsh,<sup>6</sup> and Chris Feudtner<sup>1,3</sup>

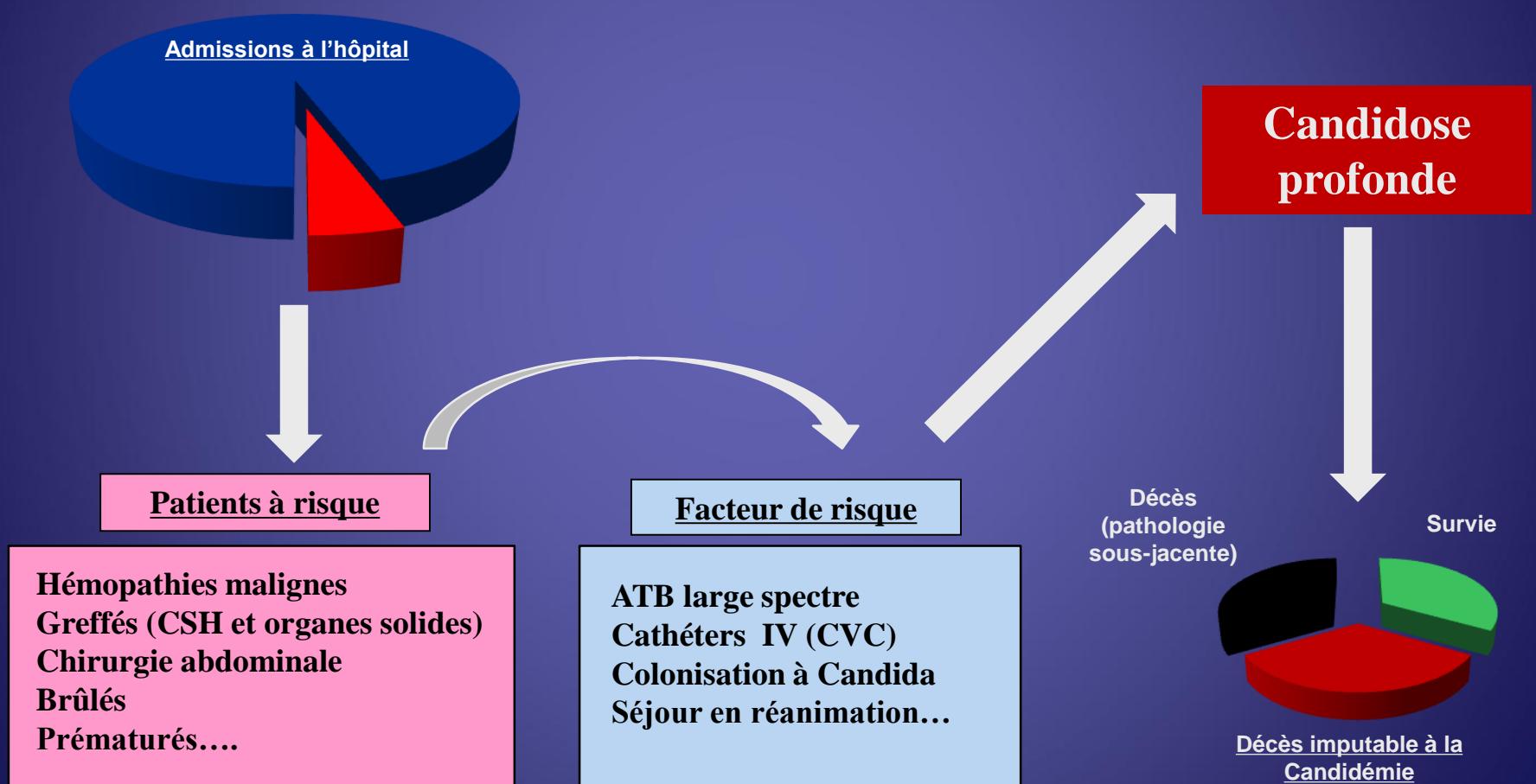
<sup>1</sup>Pediatric Generalists Research Group, Division of General Pediatrics, and <sup>2</sup>Division of Infectious Diseases, The Children's Hospital of Philadelphia, <sup>3</sup>Leonard Davis Institute of Health Economics, University of Pennsylvania, <sup>4</sup>Department of Biostatistics and the Center for Clinical Epidemiology and Biostatistics, and <sup>5</sup>Center for Clinical Epidemiology and Biostatistics, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania; and <sup>6</sup>Immunocompromised Host Section, Pediatric Oncology Branch, National Cancer Institute, Bethesda, Maryland

Table 3. Outcomes attributable to candidemia in the United States, 2000.

Variable	Pediatric patients			Adult patients		
	With candidemia (n = 1118)	Without candidemia (n = 2062)	Attributable increase (95% CI)	With candidemia (n = 8949)	Without candidemia (n = 17,267)	Attributable increase (95% CI)
Mortality, %	15.8	5.9	10.0 (6.2–13.8)	30.6	16.1	14.5 (12.1–16.9)
Length of stay, mean no. of days per patient	44.8	23.7	21.1 (14.4–27.8)	18.6	8.5	10.1 (8.9–11.3)
Total charges, mean US\$ per patient	183,645	91,379	92,266 (65,058–119,474)	66,154	26,823	39,331 (33,60–45,602)

NOTE. Patients with candidemia hospitalized in the United States in 2000 are compared with propensity score-matched control patients without candidemia.

# Candidémies: quels patients ?

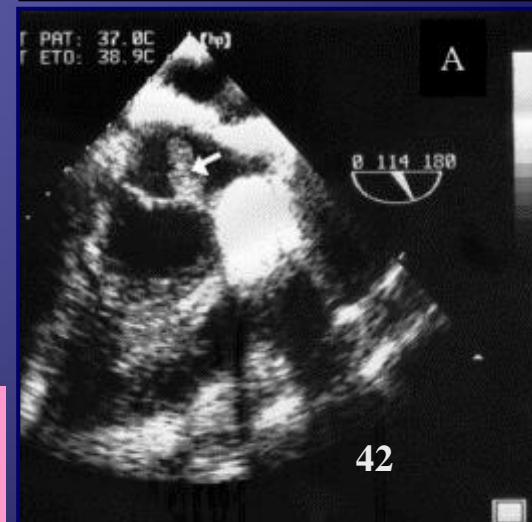
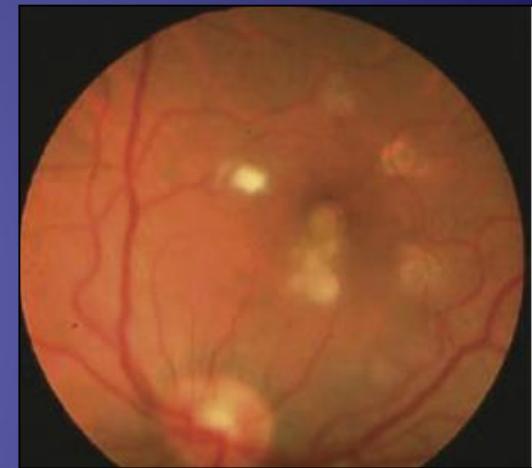


# Candidémie: la clinique

---

---

- Infection graves (mortalité 30-50%)
- Manifestations cliniques très peu spécifiques
  - ✓ Fièvre résistante aux antibiotiques...
- Plus rarement, localisation secondaire
  - ✓ Peau
  - ✓ Endophthalmie
  - ✓ Endocardite
  - ✓ Foie et rate (*Candidose hépato-splénique*)
  - ✓ Arthrites, ostéomyélites, spondylodiscites, SNC, etc...

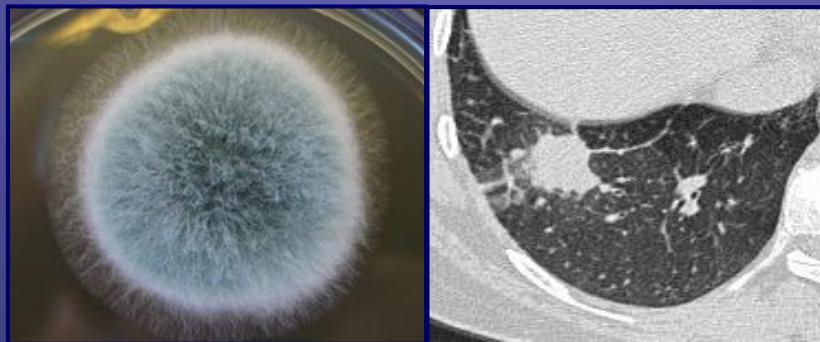


**Diagnostic à évoquer chez patient à risque restant fébrile malgré une ATB large spectre !**

# *Aspergillus* et Aspergilloses : De la physiopathologie à la clinique

---

---



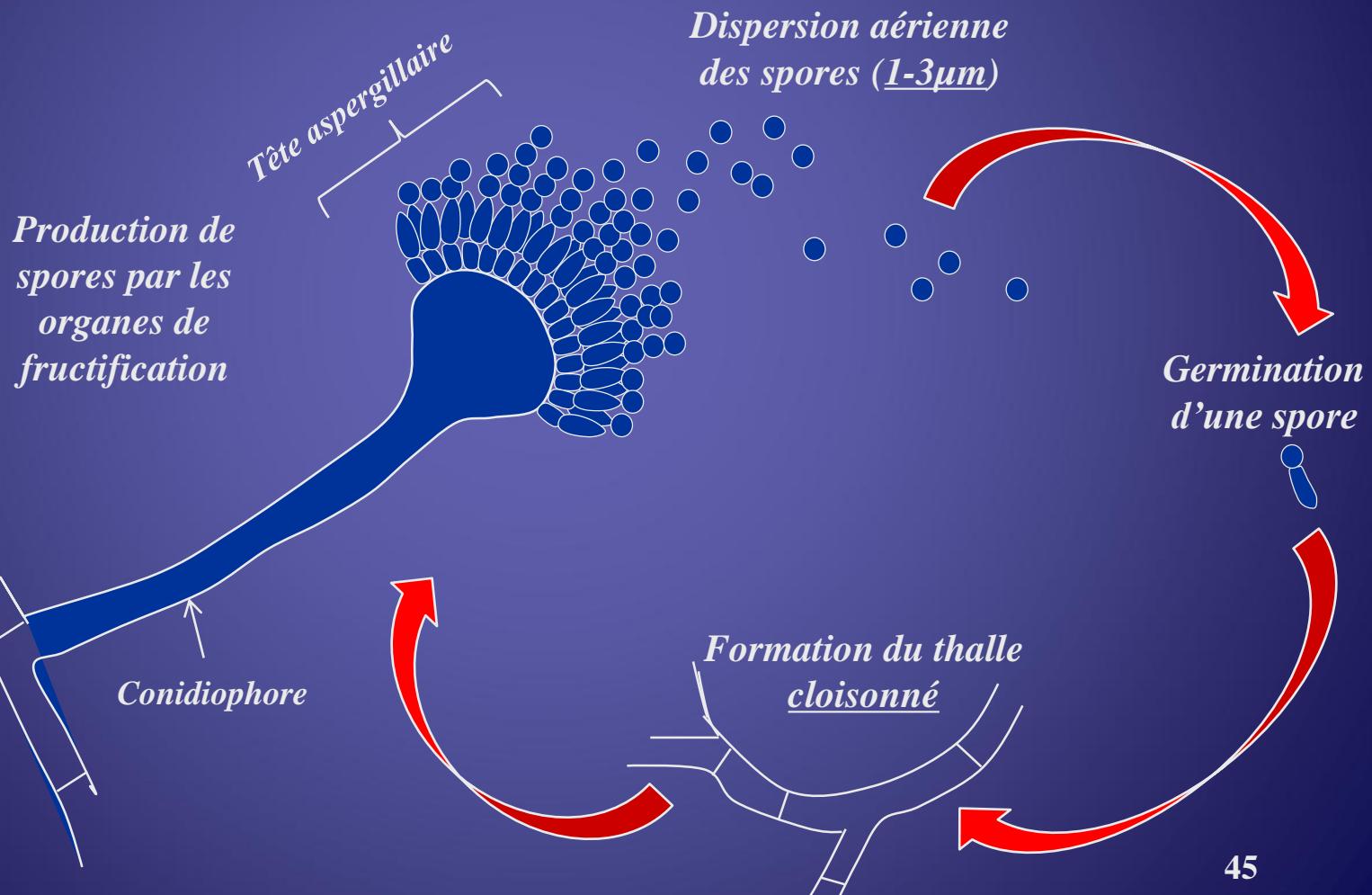
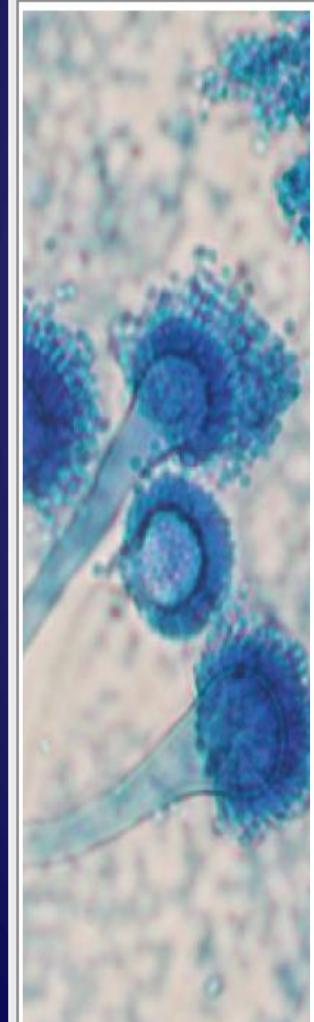
# *Aspergillus* spp. : points clefs

- Plus de 650 espèces décrites
- Cosmopolite, saprophyte largement présents dans l'air/environnement
- 2-3% de la flore fongique atmosphérique
  - 1-100 spores/m<sup>3</sup> d'air
- Large spectre de manifestations cliniques (respiratoires ++)
- Nb espèces impliquées en pathologie humaine
  - *A. fumigatus* ++++
  - *A. flavus*, *A. terreus*, *A. niger*, *A. nidulans*...



Pathogène opportuniste

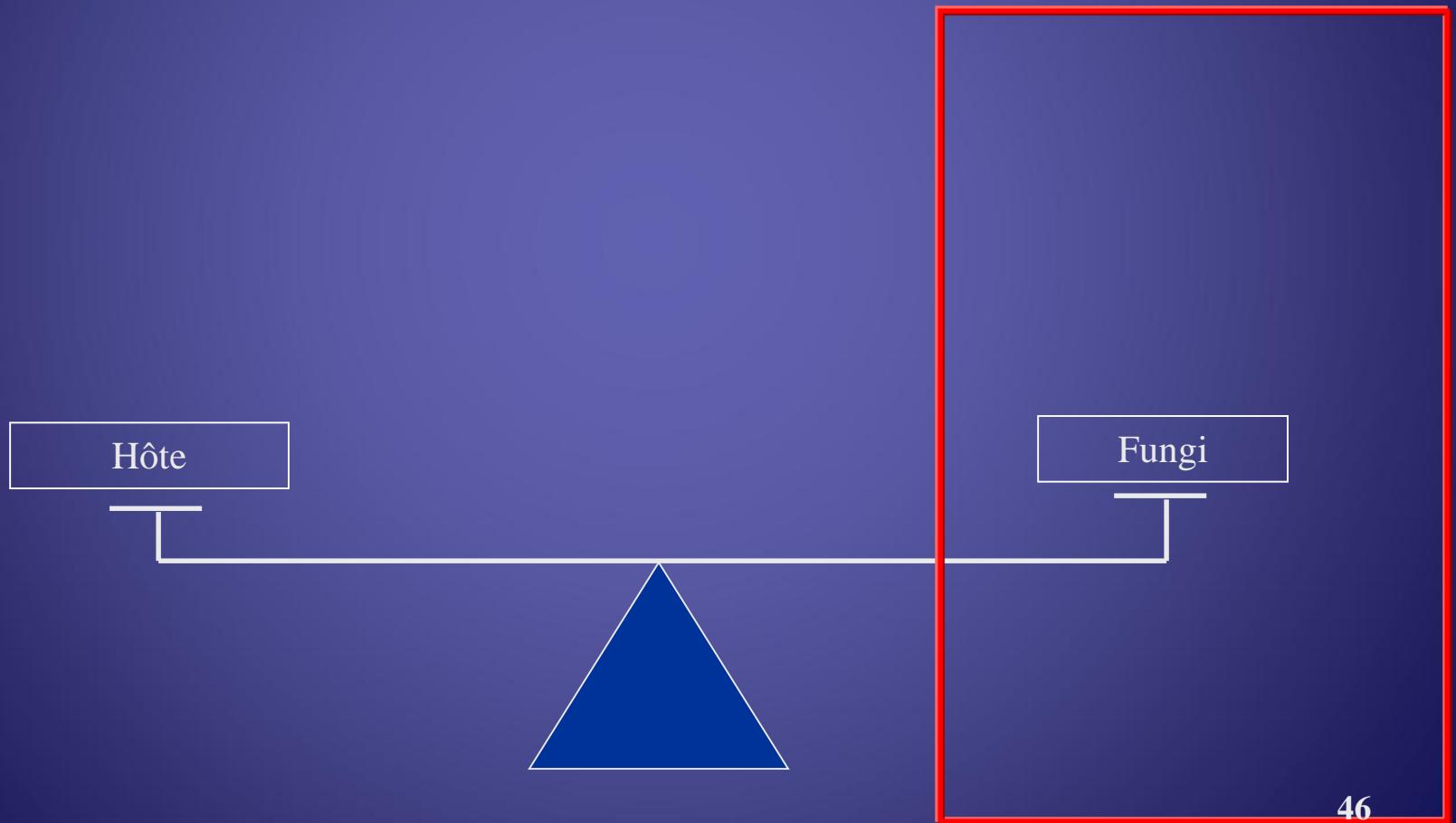
# Du point de vue mycologique



# *Aspergillus*, un pathogène opportuniste !

---

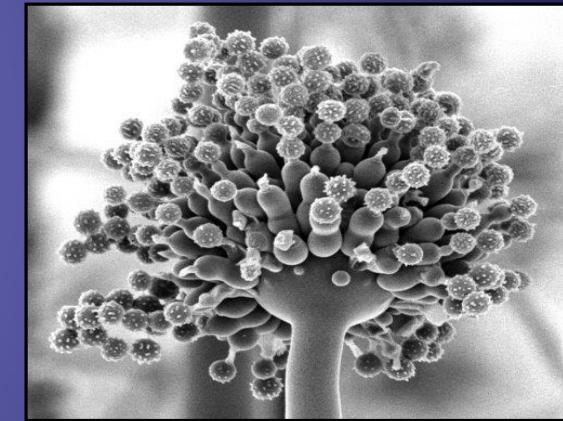
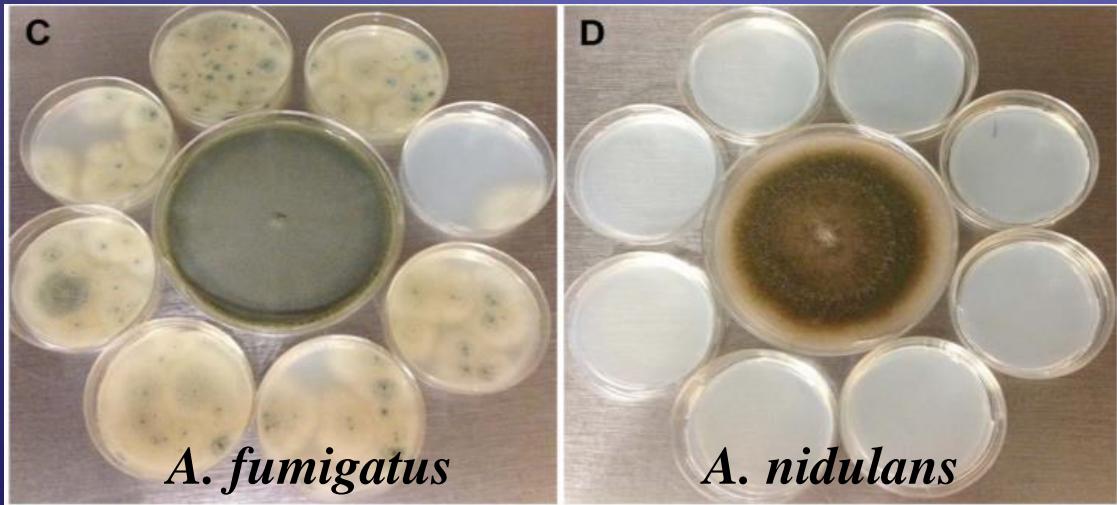
---



# Facteurs de virulence d'*Aspergillus*

- **Petite taille des spores** (1 à 3  $\mu\text{M}$ )
  - Permet d'accéder aux alvéoles pulmonaires (<3-5 $\mu\text{m}$ )
- **Hydrophobicité** (facilite la dispersion)
  - Particulièrement avec *A. fumigatus* +++

Chaque jour, nous inhalons  
≈100 conidies d'*A. fumigatus*



Comparaison du potentiel de dispersion des spores entre deux espèces d'*Aspergillus*

# Facteurs de virulence d'*Aspergillus*

---

---

- Thermotolérance
  - ✓ Varie selon les espèces
  - ✓ Pour *A. fumigatus* croissance optimale à 37° C mais peut tolérer 12 à 55° !
- Production de composés toxiques
  - ✓ Ribonucléase
  - ✓ Hémolysine
  - ✓ **Gliotoxine\***, aflatoxines, fumagilline, acide helvolique
- Sécrétion d'enzymes lytiques
  - ✓ Protéases (sérine protéases, aspartyl protéases, métalloprotéases, di-peptyl protéases)
  - ✓ Phospholipases
  - ✓ Catalase
  - ✓ Superoxyde dismutase

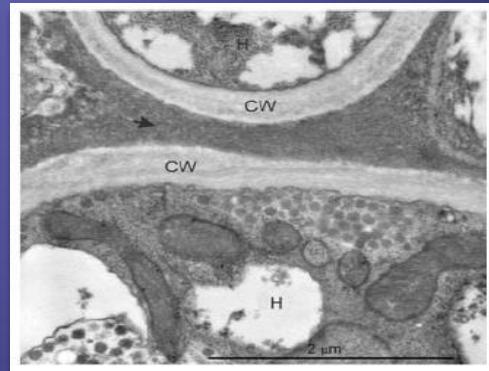
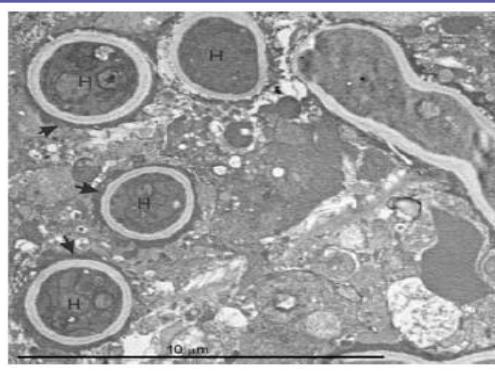
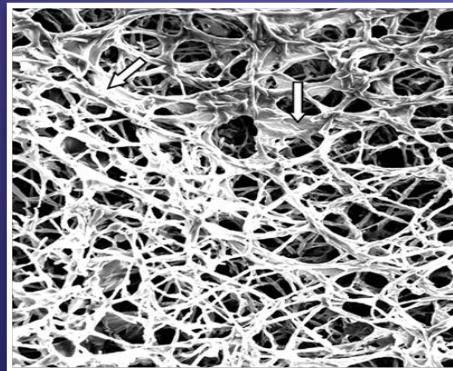
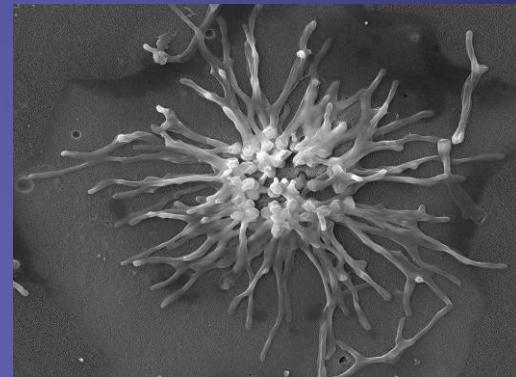
\*Inhibe phagocytose et action pro-apoptotique (Hohl et al., Euk Cell 2007)

# Facteurs de virulence d'*Aspergillus*

---

---

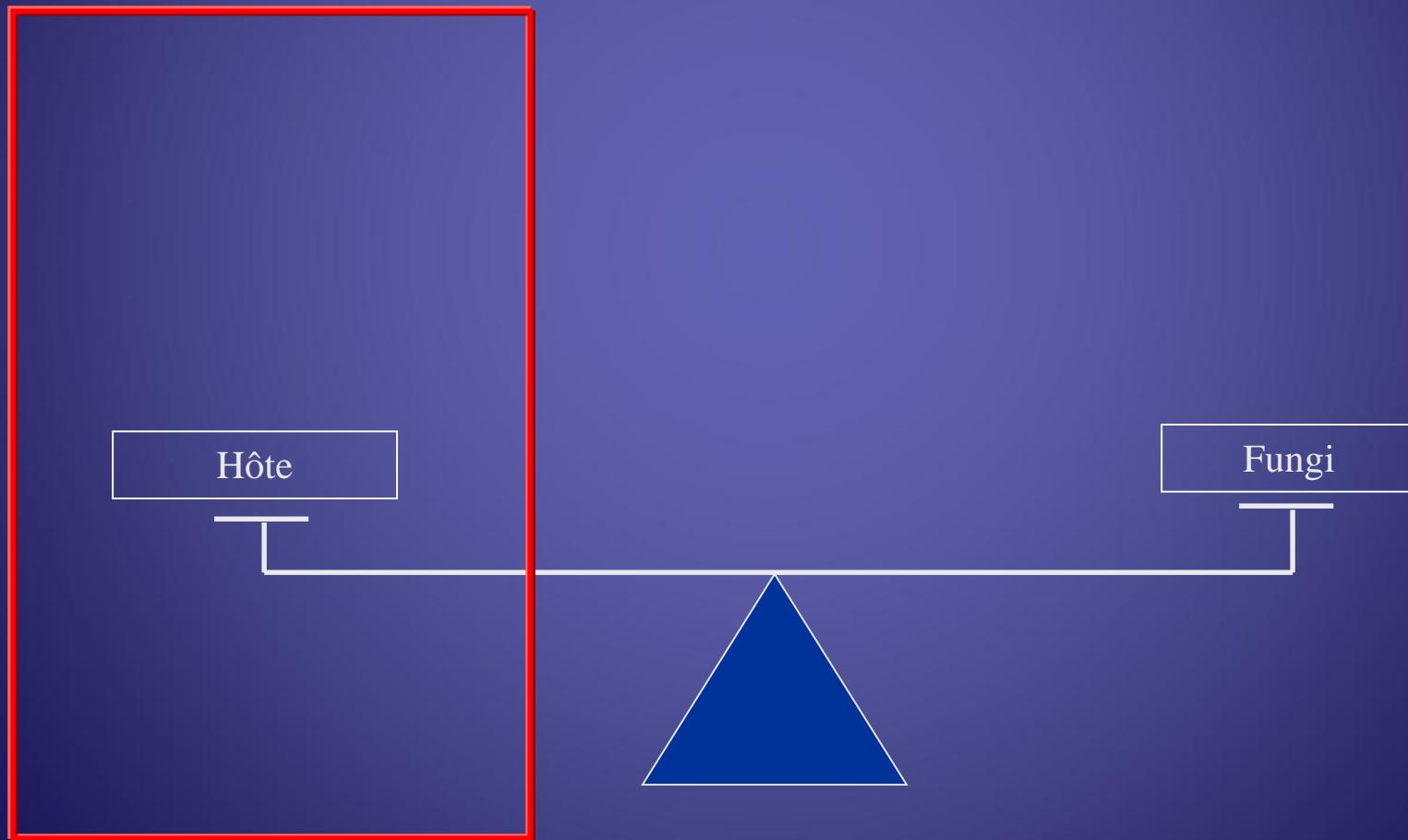
- Capacité de filamentation des spores
  - ✓ Permet d'échapper à la phagocytose
- Production de mélanine
  - ✓ Assure protection contre ROS
  - ✓ Souches non pigmentées sont moins pathogènes
- Production de biofilm



# *Aspergillus*, un pathogène opportuniste !

---

---

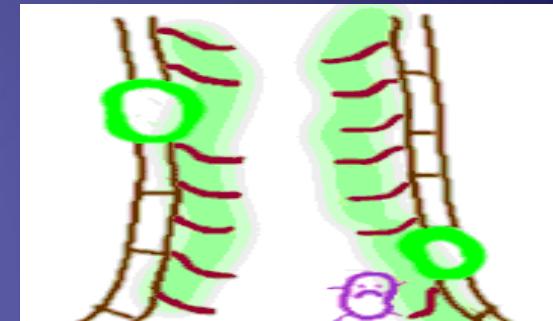


# Moyens de défense de l'hôte contre *Aspergillus*

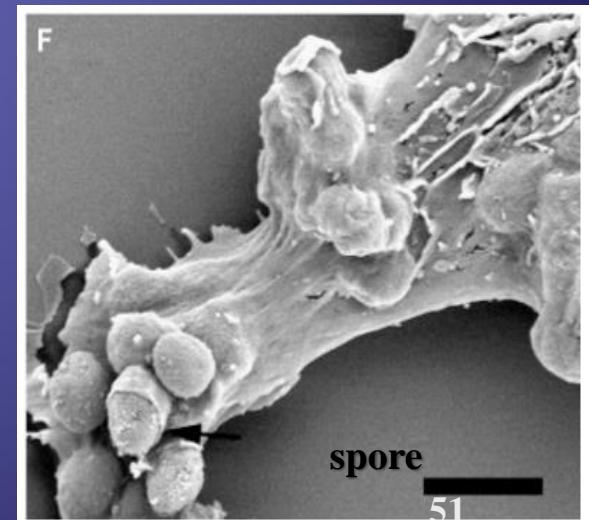
---

---

- Epithélium pulmonaire (pas uniquement une barrière mécanique)
  - ✓ Tapis muco-ciliaire (réflexe)
  - ✓ Production de dérivés oxydatifs et lactoferrine, chitinase, PTX3..
- Macrophages alvéolaires (1<sup>ère</sup> ligne de défense)
  - ✓ Reconnaissance et phagocytose des spores
  - ✓ Production de PTX3, cytokines pro-inflammatoires permettant de recruter les PNNs (TNF $\alpha$ , IL1 $\beta$ , IL-6, IL-8)
  - ✓ Pas d'activité sur les filaments
  - ✓ Processus long et capacités limitées



Rôle du tapis muco-ciliaire

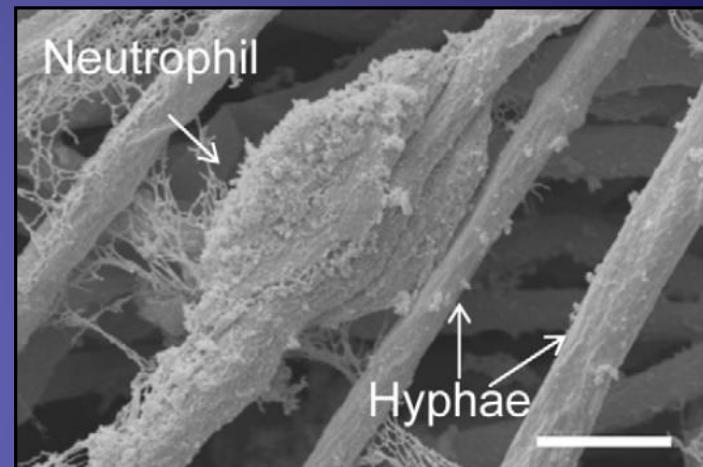
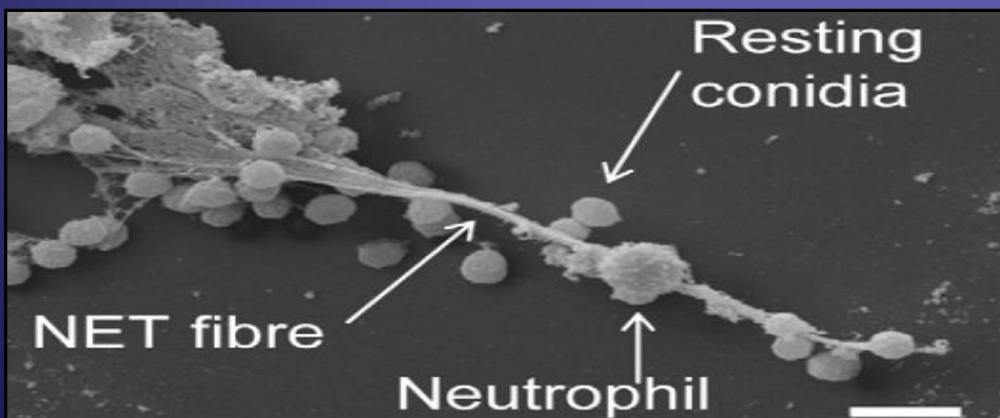


# Moyens de défense de l'hôte contre *Aspergillus*

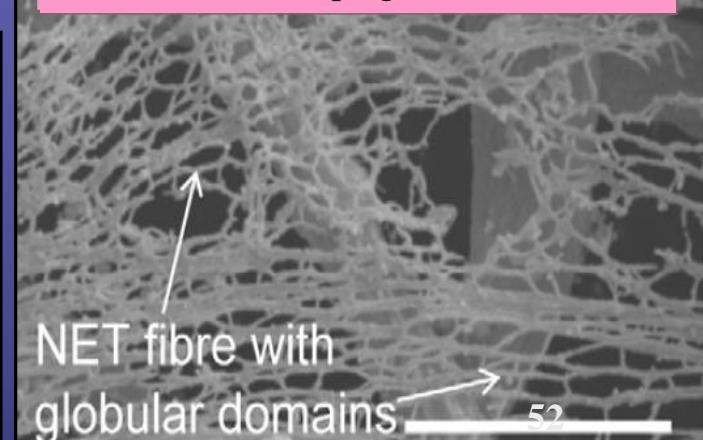
---

---

- PN neutrophiles (2<sup>ème</sup> ligne de défense)
  - ✓ Efficacité importante +++
  - ✓ Actifs surtout sur les hyphes
  - ✓ Moyens multiples
    - Phagocytose
    - Dégranulation (production de ROS, défensines, lysozyme, PTX-3, lactoferrine...),
    - Formation de NET (Neutrophil Extracellular Trap)



**Rôle majeur** dans la défense anti-aspergillaire



# Moyens de défense de l'hôte contre *Aspergillus*

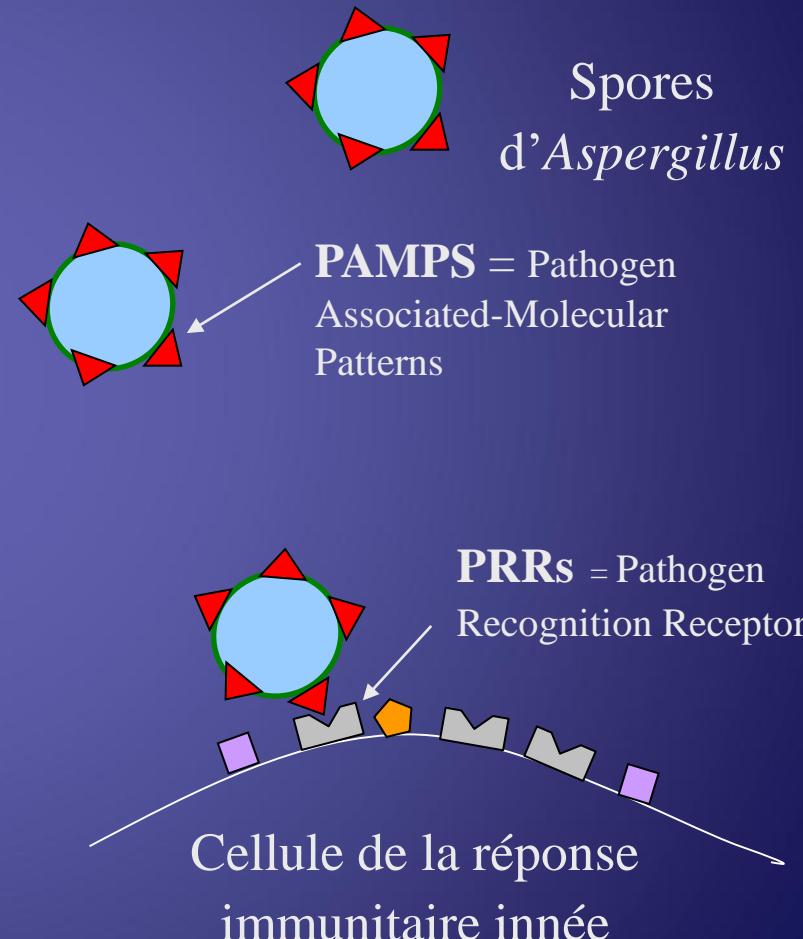
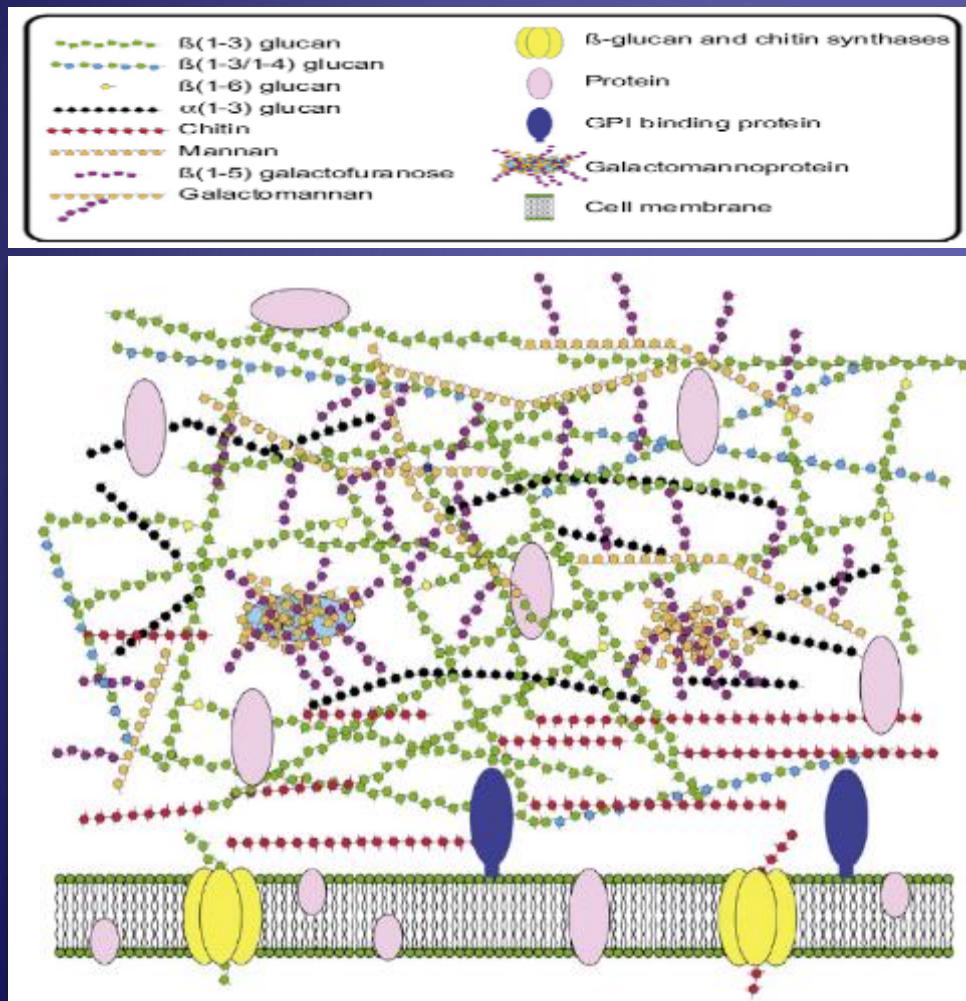
---

---



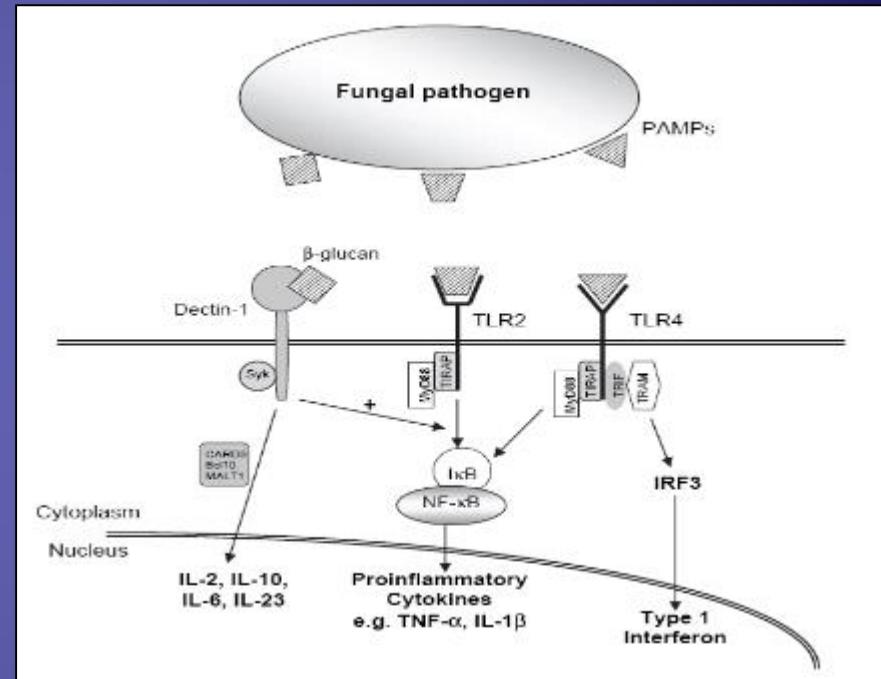
Comment s'effectue la reconnaissance  
des *Aspergillus* spp. par notre système  
immunitaire ?

# Reconnaissance des *Aspergillus* par le système immunitaire : PAMPs et PRRs



# *Aspergillus* et système immunitaire innée: PAMPs et PRRs

- Au moins deux familles de PRRs impliquées dans la reconnaissance d'*Aspergillus*
  - Toll Like Receptor (TLR)
    - ✓ TLR2
    - ✓ TLR4
  - C-Type lectin Receptor (CLR)
    - ✓ Dectine 1 => B1,3 glucane
    - ✓ Dectine 2
- Et des PRRs solubles tels que:
  - ✓ Pentraxine-3 (PTX3): galactomannane
  - ✓ Mannose Binding Lectine (MBL)

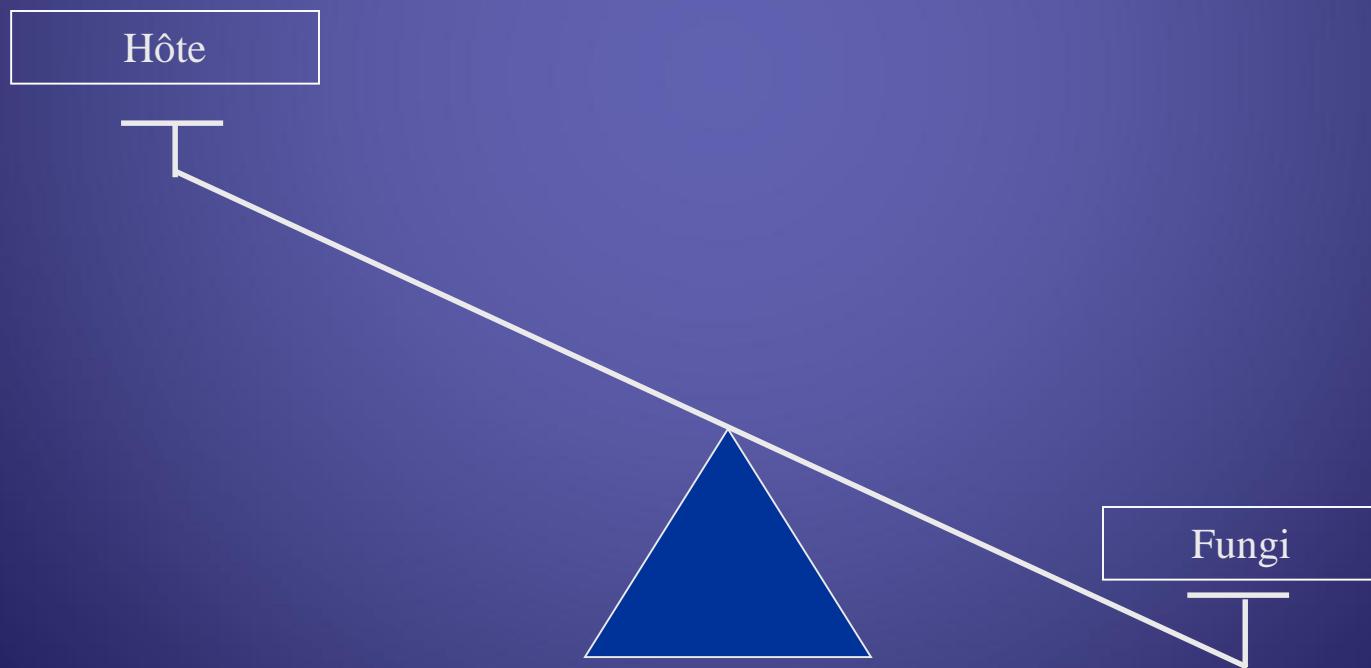


NB: Comme pour les candidoses, des déficits de l'immunité innée peuvent constituer des facteurs de susceptibilité aux aspergilloses

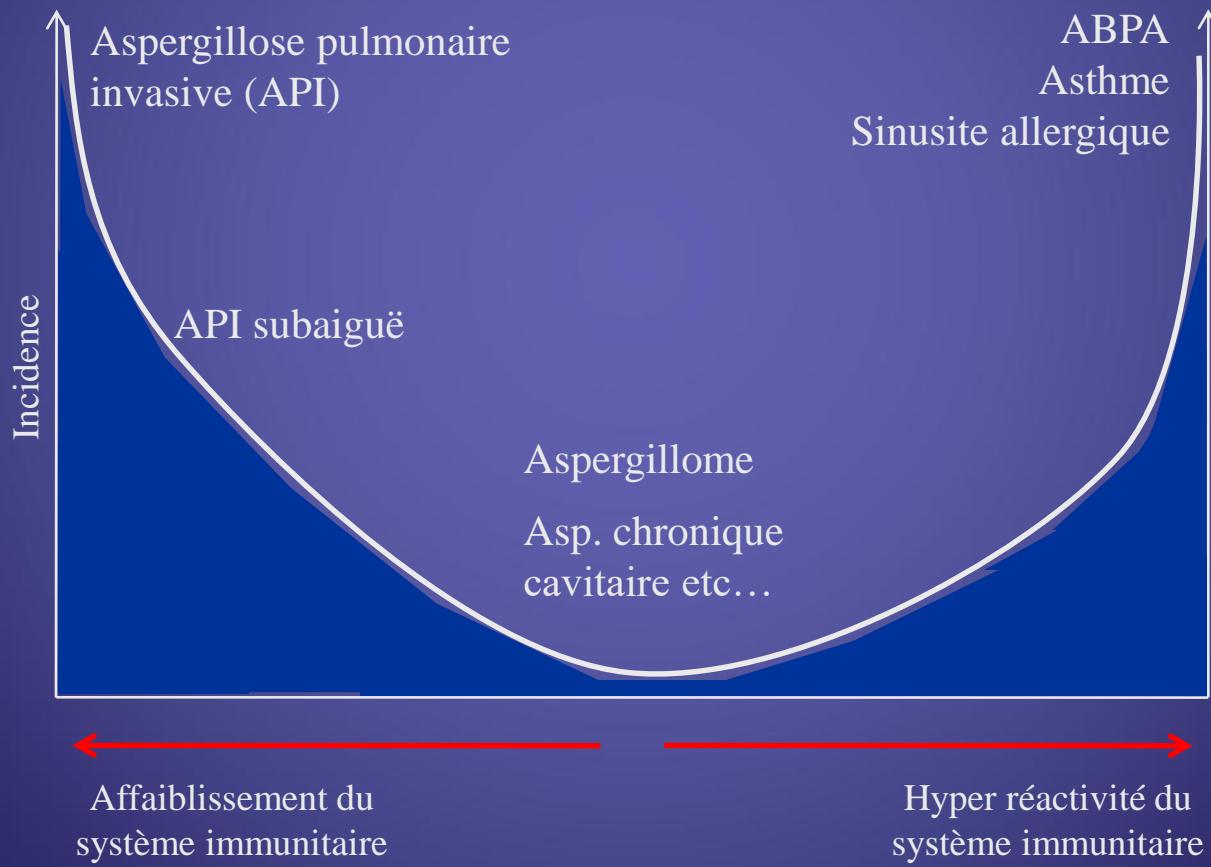
# *Aspergillus*, un pathogène opportuniste !

---

---



# Facteurs favorisants et Aspergilloses



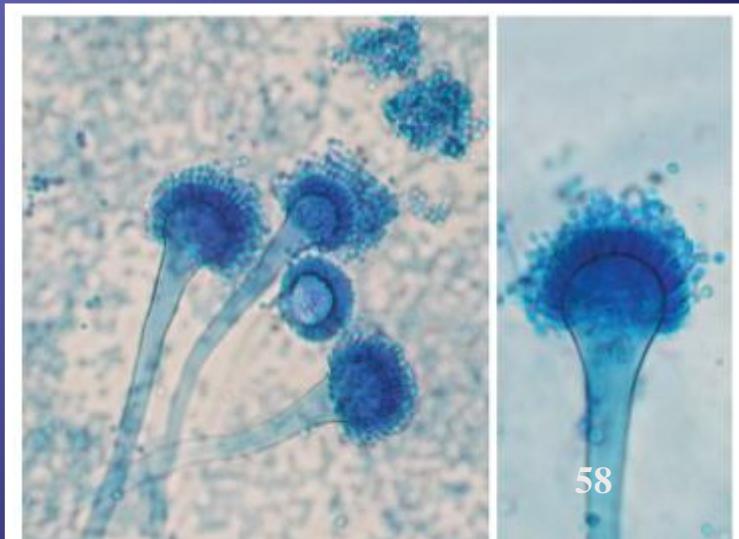
# Aspergillose pulmonaire invasive (API)

---

---

- Infection pulmonaire aiguë avec envahissement bronchique, parenchymateux et vasculaire
- Risque potentiel de dissémination (SNC..)
- Mortalité élevée (40 à 60%)
- *A. fumigatus* +++++
- Diagnostic difficile

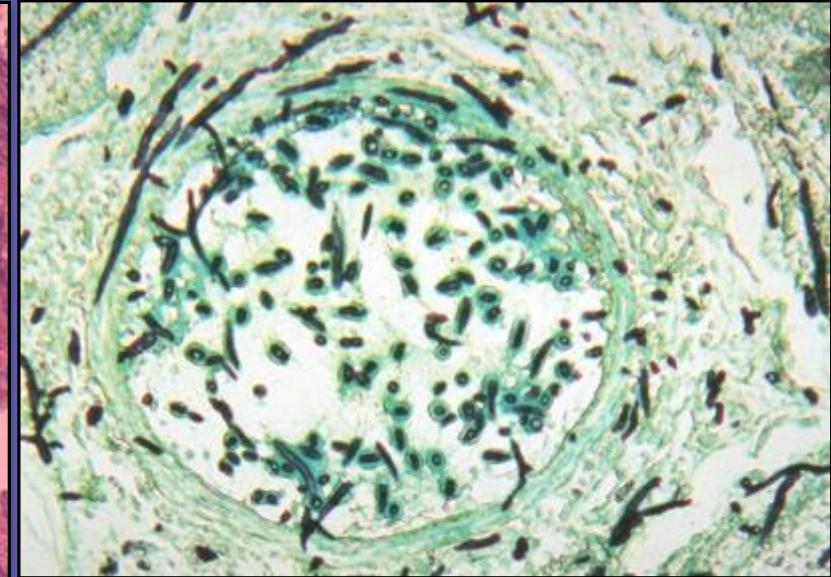
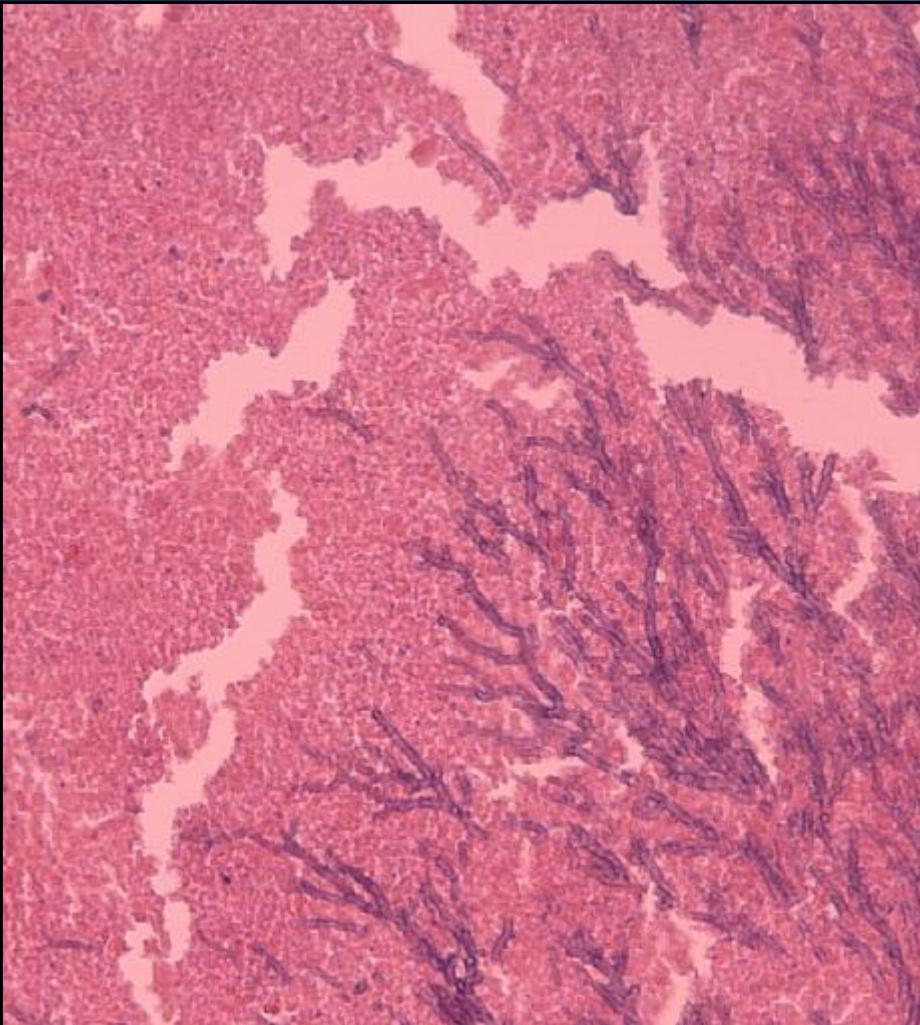
Importance d'un diagnostic précoce



# Aspect anatomo-pathologique de l'API

---

---



# API: apport de l'imagerie thoracique

---

---

Nodule avec signe  
du « halo »

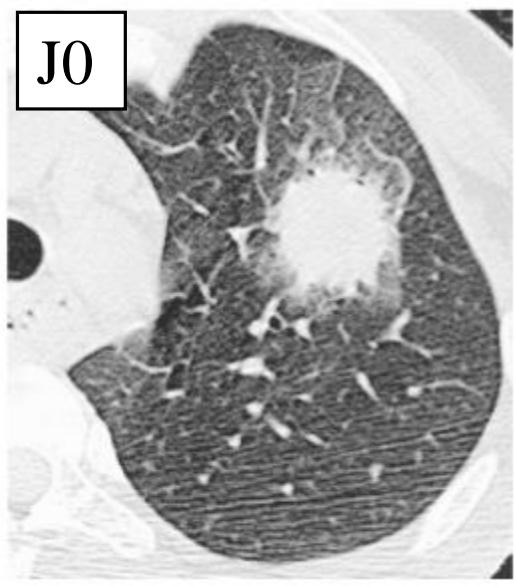


Image non  
spécifique

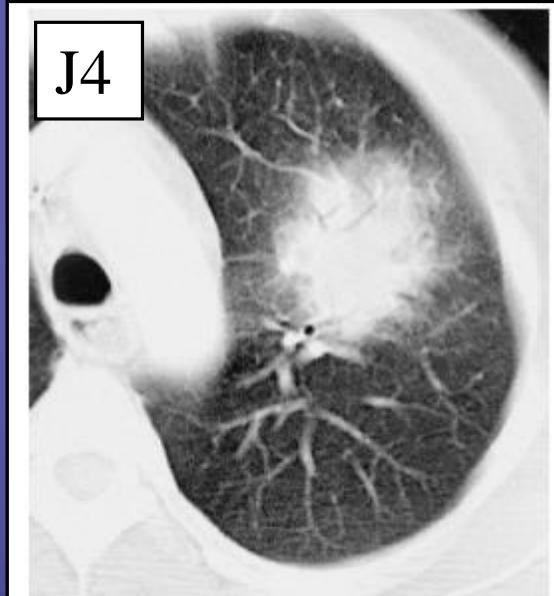


Nodule excavé («signe du  
« croissant gazeux »)

J0



J4



J10



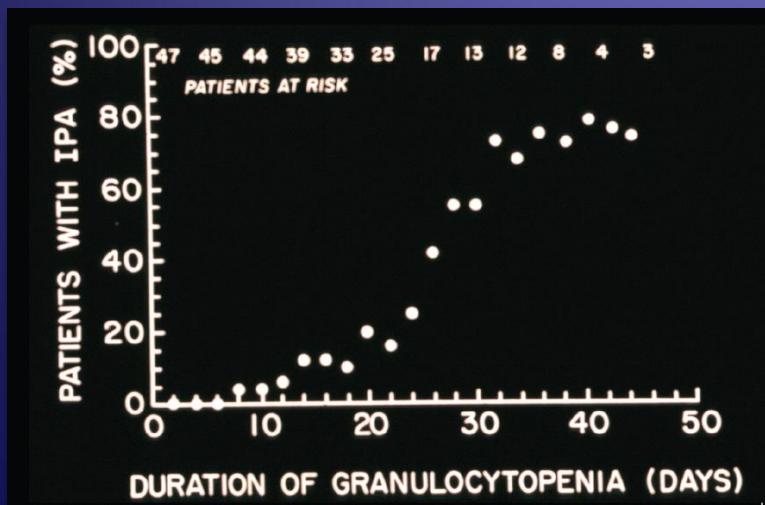
# Facteurs de risque d'API

---

---

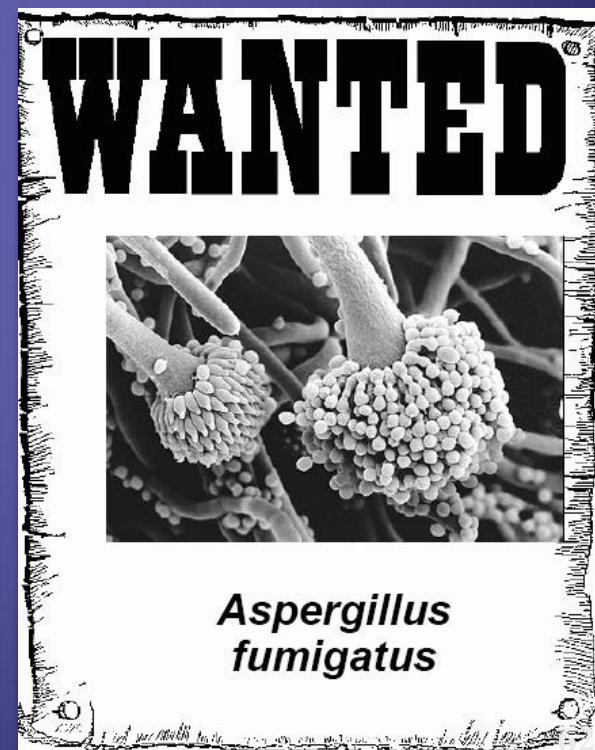
**La neutropénie profonde (<500) et prolongée (>10j) est le principal facteur de risque d'aspergillose pulmonaire invasive**

- Nombreux et parfois associés:
  - ✓ Hémopathies aiguës, greffes de moelle (allogreffe > autogreffe)
  - ✓ Transplantés d'organe solide (poumon > cœur > foie > reins)
  - ✓ Corticothérapie à fortes doses au long cours
  - ✓ Immunosuppresseurs (ex: biothérapie)
  - ✓ Cancers (chimiothérapie et radiothérapie)
  - ✓ Patients de réanimation (BPCO)



# Risque aspergillaire

## Prévention & surveillance de l'environnement



# Un pathogène au cœur de l'actualité...

---

---

[Lancet Microbe](#). 2020 Jun; 1(2): e53–e55.

Published online 2020 May 10. doi: [10.1016/S2666-5247\(20\)30027-6](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30027-6)

PMCID: PMC7211496

PMID: [32835328](#)

## Diagnosing COVID-19-associated pulmonary aspergillosis

Paul E Verweij,<sup>a,d</sup> Jean-Pierre Gangneux,<sup>e</sup> Matteo Bassetti,<sup>f,g</sup> Roger J M Brüggemann,<sup>b,d</sup> Oliver A Cornely,<sup>h,i,j,k,l</sup> Philipp Koehler,<sup>h,i,j</sup> Cornelia Lass-Flörl,<sup>m</sup> Frank L van de Veerdonk,<sup>c,d</sup> Arunaloke Chakrabarti,<sup>n</sup> Martin Hoenigl,<sup>o,p</sup>

European Confederation of Medical Mycology, International Society for Human and Animal Mycology, European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases Fungal Infection Study Group, and ESCMID Study Group for Infections in Critically Ill Patients, on behalf of the

Case Reports > *Emerg Infect Dis* (IF: 6.259; Q1). 2020 Jul;26(7):1636-1637.

doi: 10.3201/eid2607.201603. Epub 2020 Jun 21.

## Fatal Invasive Aspergillosis and Coronavirus Disease in an Immunocompetent Patient

Marion Blaize, Julien Mayaux, Cécile Nabet, Alexandre Lampros, Anne-Geneviève Marcellin, Marc Thellier, Renaud Piarroux, Alexandre Demoule, Arnaud Fekkar

PMID: 32343223 PMCID: PMC7323532 DOI: [10.3201/eid2607.201603](https://doi.org/10.3201/eid2607.201603)

[Free PMC article](#)

# Pensons un peu plus aux champignons...

nature microbiology

PUBLISHED: 25 JULY 2017 | VOLUME: 2 | ARTICLE NUMBER:

edito

## Stop neglecting fungi

Fungal pathogens are virtually ignored by the press, the public and funding bodies, despite posing significant threat to public health, food biosecurity and biodiversity.

Fungal infections will probably not have made major news today, perhaps not even this week or month. Indeed, in comparison to the threat from drug-resistant bacterial infections or viral outbreaks, diseases caused by fungi, fungal drug resistance and the development of new antifungal therapeutics gets little coverage. Yet in this case, no news is certainly not good news, and the disparity relative to other infectious disease agents unjustified. The word fungus usually evokes images of athlete's foot, unseemly looking nails, or scrumptions cheeks and

*Candida auris* is a global health threat<sup>a</sup>, and azole-resistant *Aspergillus* has up to 30% prevalence in some European hospitals, which report higher than 90% mortality rates<sup>b</sup>.

Experts agree that fungal pathogens are a serious threat to human health, food biosecurity and ecosystem resilience, yet lack of funding translates into inadequate surveillance systems to monitor fungal disease incidence and antifungal drug resistance, which often rely on not-for-profit initiatives such as the Global Action Fund,

reason is that most people think of causing infections that are uncomfortable but relatively easy to address, as involving life-threatening disease impacts few in developed countries. In addition, human-centric view of the world limits the amount of attention devoted to health, even if this directly impacts availability. Bacteria and viruses have historically received more attention, because of the simple (yet not always narrative to portray them as harmful) whereas fungi and their products can be



MINIREVIEW  
Host-Microbe Biology



## Threats Posed by the Fungal Kingdom to Humans, Wildlife, and Agriculture

Matthew C. Fisher,<sup>a</sup> Sarah J.  
Jason E. Stajich,<sup>e</sup> Regine Ka  
James W. Kronstad,<sup>m</sup> Donald  
Leah E. Cowen<sup>f</sup>

SPECIAL SECTION

THE RISE OF RESISTANCE

Science

REVIEW

## Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security

Matthew C. Fisher,<sup>1\*</sup> Nichola J. Hawkins,<sup>2</sup> Dominique Sanglard,<sup>3</sup> Sarah J. Gurr<sup>4,5\*</sup>

ce of pathogenic fungi that are resistant to the limited number of agents is unprecedented. The azoles, for example, are used in medical health care and crop protection but also in antifouling application. The ubiquity and multiple uses of azoles have hastened of resistance in many environments. One consequence is an health care from naturally occurring opportunistic fungal resistance to this broad class of chemicals. To avoid a global control fungal infections and to avoid critical failures in medicine improve our stewardship of extant chemicals, promote new emerging technologies for alternative solutions.

## On the Emergence of *Candida auris*: Climate Change, Azoles, Swamps, and Birds

Arturo Casadevall,<sup>a</sup> Dimitrios P. Kontoyiannis,<sup>b</sup> Vincent Robert<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Department of Molecular Microbiology and Immunology, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Baltimore, Maryland, USA

<sup>b</sup>Division of Internal Medicine, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas, USA

<sup>c</sup>Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, Utrecht, Netherlands

- Stop neglecting fungi. *Nat Microbiol*. 2017 Jul 25;2:17120.
- Casadevall A. *J Clin Invest*. 2020 Feb 3;130(2):553-555.
- Fisher et al., *mBio*. 2020 May 5;11(3):e00449-20.

- Fisher et al., *Science*. 2018 May 18;360(6390):739-642.
- Casadevall, *mBio*. 2019 Jul 23;10(4):e01397-19.

# Conclusions

---

---

- Pathogènes opportunistes
- Physiopathologie est complexe et fait intervenir le pathogène et son hôte
- Nous ne sommes pas tous égaux face aux mycoses:
  - ✓ Facteurs favorisants
  - ✓ Notion de prédisposition (susceptibilité génétique individuelle)

